

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Stojan reproduktoru

Stand for Speaker

Student: Michal Zemčík

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milena Hrudíčková, PhD.

Ostrava 2009



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Stojan reproduktoru

Stand for Speaker

Student: Michal Zemčík
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 2302R010-60 Průmyslový design
Pracoviště: Katedra výrobních strojů a konstruování

Zásady pro zpracování:

1. Proveďte rešerši v oblasti designu a konstrukčního řešení reproduktorových soustav.
2. Navrhněte koncepci stojanu pro umístění reproduktoru z hlediska jeho typu a použití (bude upřesněno v průběhu řešení).
3. Zpracujte 3D model konstrukčního návrhu stojanu a jeho designu včetně variant barevného řešení a vizualizací.
4. Nakreslete sestavný výkres konstrukčního řešení stojanu.
5. Nakreslete jeden dílenský výkres vybraného dílu sestavy (bude upřesněno v průběhu řešení).
6. Proveďte nezbytné návrhové a kontrolní pevnostní výpočty konstrukce a spojovacích dílů.
7. Bakalářská práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- *jsem byl seznámen s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 díla.*
- *beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).*
- *souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen v informačním systému VŠB-TUO.*
- *bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z jiné strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.*
- *bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci jinému využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*
- *beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.*

V Ostravě

Anotace bakalářské práce

Zemčík M. Kompletný návrh stojanu pod regálové reproduktory s olejovým tlmením. Ostrava, katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 47 s., bakalářská práce, vedoucí Ing. Milena Hrudíčková, PhD.

Bakalářska práca ukazuje nekonvenčný návrh a nové riešenie v oblasti reproduktorových stojanov, taktiež v eliminácii nežiadúcich v vibrácií vznikajúcich pri reprodukcii. Ide o ojedinelé funkčné konštrukčné riešenie aktívnej konštrukcie, ktoré som sám narhol.

Annotation of bachelor work

Zemčík M. complete proposition of bookshelf speaker stand with oil damp. Information. Ostrava, department of manufacturing machines and construction, Faculty of mechanical engineering VSB – Technical university Ostrava, 2009, 47 p. bachelor work, Supervisor is Ing. Milena Hrudíčková, PhD.

Bachelor work shows unconventionality proposition and new solve in speaker standas area, of course elimination possible undemand vibration beginning by reproduction. It is abou uniqueness funktion construct solution of active construction, designed by myself.

Obsah

1	Úvod a ciele práce	8
1.1	Úvod	8
1.2	Ciele práce:	8
2	Rešerše	9
2.1	Rozdelenie reprosústav hi-fi	9
2.1.1	Podľa prítomnosti zosilňovača.....	9
2.1.2	Podľa typu reprosústav	10
2.1.3	Podľa použitia	13
3	Konštrukcia reprosústav.....	14
3.1	Podľa konštrukcie ozvučnice	14
3.1.1	Delenie ozvučníc	14
3.2	Elektrické prvky v reproduktorovej sústave	15
3.2.1	Elektrická výhybka.....	15
4	Zvuk	15
4.1	Požiadavky na vernú reprodukciu	15
4.2	Podstata zvuku	16
4.2.1	Vznik a šírenie zvuku	16
4.2.2	Rýchlosť šírenia zvuku.....	17
4.2.3	Zdroj zvuku.....	17
4.2.4	Zvuk z hľadiska vnímania	17
4.2.5	Parametre zvuku.....	17
4.2.6	Zvukové spektrum.....	18
5	Akustika	18
5.1	Vibrácie	19
5.2	Orientácia miestnosti.....	22
6	Požiadavky na prevedenie a možné obmedzenia	23
6.1	Nosnosť.....	23
6.2	Výška.....	23
6.3	Farebné prevedenie	24
6.4	Materiál.....	24
7	Koncepty návrhov a variantov	24
	Konečné zakomponovanie do interiéru. (obr. 7.8).....	36
8	Konečné prevedenie vrátane vodiaceho mechanizmu.....	37
8.1	Vodiací mechanizmus	38
9	Výpočty.....	39
9.1	Princíp výpočtu lepených spojov	40
9.2	MKP - metóda konečných prvkov	42
10	Záver	43
11	Použitá literatúra.....	44

Zoznam použitého označenia

g	Gravitačné zrýchlenie	$[N/m]$
h	Hĺbka ponorenej casti dutého váálca	$[mm]$
m	Hmotnosť	$[kg]$
r	Polomer dutého valca	$[mm]$
F	Sila	$[N]$
F_g	Tiažová sila	$[N/m]$
F_{vz}	Vztlaková sila	$[N]$
S	Obsah	$[m^2]$
V	Objem	$[m^3]$
π	Konštanta	$[3,14]$
ζ	Hustota	$[kg/m^3]$

1 Úvod a ciele práce

1.1 Úvod

Už pri výbere témy a následne tvorbe mojej bakalárskej práce som vychádzal v prvom rade z vlastných poznatkov, ktoré som nadobudol vzhľadom na to, že audio je jedným z mojich hlavných koníčkov. Prvotné plány boli len designovo prepracovať koncept klasického stojanu reproduktora nejakým netradičným spôsobom s ohľadom na dostupný ponúkaný sortiment na trhu. Následne na to, ešte v začiatkoch riešenia danej problematiky, z hľadiska designu som dostal bezkonkurenčný nápad – nevšedným spôsobom od základu riešiť celý návrh aj po konštrukčnej stránke a pokúsiť sa o vytvorenie stojanu s potlačením nežiadúcich vibrácií.

Ani po mnohých hodinách strávených na internete zhromažďovaním informácií sa mi nepodarilo natrafiť na žiaden podobný koncept stojanu.

Ako prvý krok, od ktorého sa potom odvíjal celý ďalší postup, bolo zvoliť spôsob a systém tlmenia vibrácií.

Cieľom mojej práce je návrh stojanu pod regálové reproduktory.

1.2 Ciele práce:

1. Vypracovať rešerše v oblasti designu a konštrukčného riešenia reproduktorových sústav
2. Navrhnuť koncepciu stojanu pre umiestnenie reproduktora z hľadiska jeho typu a použitia
3. Spracovať 3D model konštrukčného návrhu stojana a jeho designu vrátane variantov farebného riešenia a vizualizácií
4. Vypracovať zostavný výkres konštrukčného riešenia stojana
5. Nakresliť jeden dielenský výkres vybraného dielu zostavy
6. Vypracovanie kontrolných pevnostných výpočtov konštrukcie a spojovacích častí
7. Vyhotovenie v súlade s požiadavkami a predpismi FS

2 Rešerše

2.1 Rozdelenie reprosústav hi-fi

Reproduktorová sústava je zariadenie na premenu elektrického signálu z audio zariadení na počuteľný zvuk. Reprodukčné sústavy sa používajú pre ozvučenie vo frekvenčnom pásme počuteľnom pre ľudské ucho (20Hz – 20kHz). Reprodukčná sústava je finálny výrobok určený koncovému užívateľovi. Tomu zodpovedá aj kvalita a tvar vyhotovenia.

2.1.1 Podľa prítomnosti zosilňovača

Pasívna reproduktorová sústava je sústava neobsahujúca zosilňovacie prvky (predzosilňovač, zosilňovač). (obr. 2.1)

obr. 2.1 Pasívne reproduktory



Aktívna reproduktorová sústava je sústava obsahujúca zosilňovače. Zjednodušene môžeme povedať, že aktívna reproduktorová sústava je pasívna sústava so zabudovaným audio zosilňovačom. (obr. 2.2)

obr. 2.2 Aktívne reproduktory



Počítačové reproduktory sú najbežnejším príkladom aktívnych reproduktorov. Zosilňovač je obvykle tvorený jednoduchým jednočipovým zosilňovačom a zdrojom zabudovaným v jednom z reproduktorov sústavy (obr. 2.3).

obr. 2.3 PC reproduktory



2.1.2 Podľa typu reprosústav

2.1.2.1 Stípkové (podlahové)

- Sú schopné dokonalého prenosu všetkých základných kmitočtov, až fyziologický pocit z reprodukcie. Majú prednosť v nižšom skreslení a celkovo neutrálnejšom prednese. Väčšinou stoja na podlahe miestnosti a sú podstatne rozmernejšie ako regálové.
- Podľa počtu pásiem: 3 (obr. 2.4) / 3,5 / 4 (obr. 2.5) / 2 / 2,5 pásmové.
- Počet pásiem nezáleží od počtu reproduktorov, ale od ich typu.
- *Nevýhody:* Omnoho ťažšie je dobre rozdeliť a zfázovať tri, prípadne viac pásiem ako dve.



obr. 2.4 Stípkové reproduktory 3 - pásmové

obr. 2.5 Stípkové reproduktory 4 - pásmové

Referenčné reprosústavy hi-fi (*high fidelity*), špičkové top modely

Obr. ilustračné



2.1.2.2 Regálové (stojanové)

- Sú väčšinou ochudobnené o najspodnejšiu októvu, avšak vynikajú v prednese kritického stredného pásma, v podaní priestoru a lokalizácii.
- Majú menšie rozmery a lepšie sa zakomponujú do priestoru.
- Podľa počtu pásiem: 2 pásmové (obr. 2.6) / zriedka 3 pásmové (obr. 2.7)



obr. 2.6 Regálové reproduktory 2 - pásmové



obr. 2.7 Regálové reproduktory 3 - pásmové

Výhody: Za rovnakú cenu podstatne vyššia kvalita v reprodukovanom pásme.

2.1.2.3 Stredové (centrálne)

Obvykle sú súčasťou domáceho kina. Dopĺňajú predné, prípadne zadné bočné reproduktory, umiestňujú sa medzi ne. Hudobe dopĺňajú priestor a prenášajú hlavne dialógy pri filmoch.

Podľa počtu pásiem: 2 / zriedka 3 pásmové (obr. 2.8).



obr. 2.8 Stredové reproduktory

2.1.2.4 Subwoofery (basové)

- Čisto basové reproduktory, ktoré prenášajú najnižšie frekvencie.
- Podľa počtu pásiem: 1 pásmové (obr. 2.9).



obr. 2.9 Basové reproduktory

2.1.3 Podľa použitia

Mono reproduktorová sústava je tvorená jedným reproduktorom (obr. 2.10).

obr. 2.10 Mono reposústava (amplión)



Stereo reproduktorová sústava je tvorená dvoma rovnocennými (označenie 2.0) jedno alebo viacpásmovými reproduktormi. (obr. 2.11)



obr. 2.11 Stereo reposústava

Viacprvková sústava je obvykle tvorená viacprvkovými reproduktormi (označenie napr. 2.1, 4.1, 5.1, 7.1). Číslo pred bodkou udáva počet satelitov (samostatných reproduktorov), číslo za bodkou počet subwooferov (basových reproduktorov). (obr. 2.11) Viacprvkové sústavy sa využívajú pre získanie dojmu priestorového zvuku hlavne v spojení s domácim kinom (zvuk deja odohrávajúceho sa za chrbtom osoby sledujúcej dej sa ozve zozadu). 2.1 je stereo zostava s jedným subwooferom, 4.1 je zostava dvoch predných, dvoch zadných reproduktorov a jedného subwoofera, 5.1 je 4.1 doplnená o rečový (stredný reproduktor). 7.1 je 5.1 s dvoma bočnými reproduktormi.



obr. 2.11 Viacprvková sústava

3 Konštrukcia reprosústav

Reprosústava navonok pozostáva z ozvučnice (reproduktorovej debny), v ktorej sú inštalované elektrické zariadenia: elektroakustické meniče (reproduktory), pasívne elektrické obvody (LC výhybka) a prípojné miesto (konektor). V niektorých prípadoch aj elektronika (zosilňovač, ekvalizér, displej atď').

3.1 Podľa konštrukcie ozvučnice

Ozvučnica je akustické zariadenie, časť reproduktorovej sústavy brániaca akustickému skratu a vytvárajúca zvukovú charakteristiku reproduktorovej sústavy. Do ozvučnice sa upevňujú reproduktory. Môže byť vo forme samostatnej dosky alebo uzatvoreného priestoru - drevenej, prípadne plastovej debny, výnimočne špeciálne kovy a horniny. Veľkosť ozvučnice je úmerná použítym reproduktorm (výpočtami získaná).

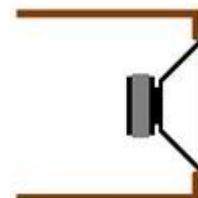
3.1.1 Delenie ozvučníc

- otvorené
- uzatvorené
- polouzatvorené (s otvorom)

Otvorená

Predstavuje najjednoduchšie, ale najmenej vhodné umiestnenie reproduktora. (obr. 3.1)

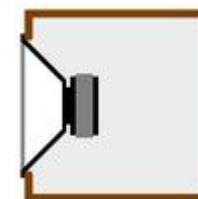
Obr. 3.1 Otvorená ozvučnica



Skriňová ozvučnica uzatvorená

Použitím tejto ozvučnice zamedzíme akustickému skratu. Problémom je, že uzatvorený priestor tvorí pretlakovú pneumatickú pružinu. (obr. 3.2)

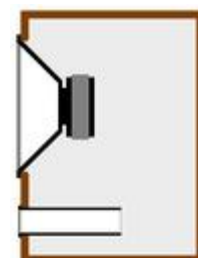
Obr. 3.2 Uzatvorená ozvučnica



Bass-reflexová skriňová ozvučnica

Bass-reflexová ozvučnica je momentálne najpoužívanější forma, pretože nepotrebuje hrubé steny ako uzavretá ozvučnica, odstraňuje akustický skrat a nízke tóny vyžaruje s vyšším akustickým tlakom. (obr. 3.3)

obr. 3.3 Bass-reflexová ozvučnica



3.2 Elektrické prvky v reproduktorovej sústave

Každá kvalitnejšia reproduktorová sústava, či už aktívna alebo pasívna, obsahuje obvykle viacero obvodov slúžiacich na zosilnenie, usmernenie, vyhladenie alebo separovanie privádzaného hudobného signálu.

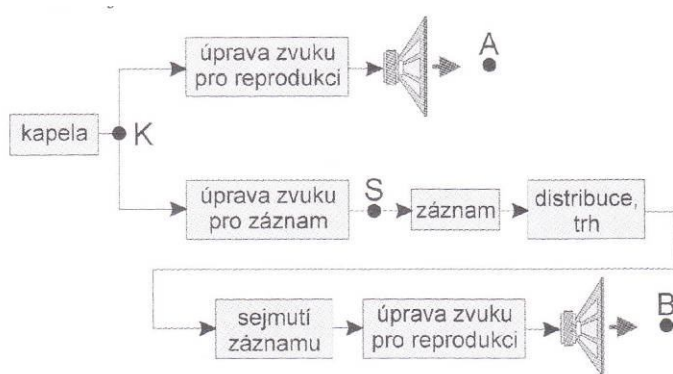
3.2.1 Elektrická výhybka

Reproduktorová výhybka je elektrické (elektronické) zariadenie pre rozdelenie frekvenčného spektra audiosignálu zo zosilňovača na jednotlivé frekvenčné pásma zvukového spektra tak, aby každý z reproduktorov v reproduktorovej sústave spracúval len tú časť spektra, pre ktorú je určený (z hľadiska účinnosti a skreslenia).

4 Zvuk

4.1 Požiadavky na vernú reprodukciu

Pojem verná reprodukcia by sme mohli definovať ako dosiahnutie sluchového vnemu v bežnej domácej miestnosti rovnocenného posluchu pri živom vystúpení hudobníkov. Bohužiaľ, hneď na začiatku je treba konštatovať fakt, že je to fyzikálne a tým pádom aj technicky nemožné. Ono totiž verná ani nemôže byť. Pozrime sa na nasledujúci (obr. 4.1).



Obr. 4.1 Ilustrácia cesty signálu od kapely k poslucháčovi

To prvé, čoho si všimneme je, aká dlhá cesta vedie od kapely k domácomu posluchu. Bod A je poslucháč na živom koncerte, bod B je napr. domáci poslucháč, bod S je zvukár v nahrávacom štúdiu a bod K fyzicky neexistuje, pretože zvuk kapely je vždy nejakou upravený, nech už elektronickými prístrojmi alebo samotnou akustikou sály. Môžeme ďalekosiahle hovoriť o probléme vernej reprodukcie, ale vždy je v štúdiu niekto, kto má nejaké cítenie a má k dispozícii nejaké technické prostriedky, tak sa nakoniec môžeme baviť iba o tom, či to v bode B hrá rovnako, ako bolo zamýšľané zvukárom. A to je v rozpore s pôvodnou definíciou vernej reprodukcie.

Najbližšie k pôvodnej definícii vernej reprodukcie je príklad, kde porovnáme „naše podanie nahrávky“, teda to, čo nám hrá v našich domácich podmienkach, so živým zvukom akustického nástroja.

4.2 Podstata zvuku

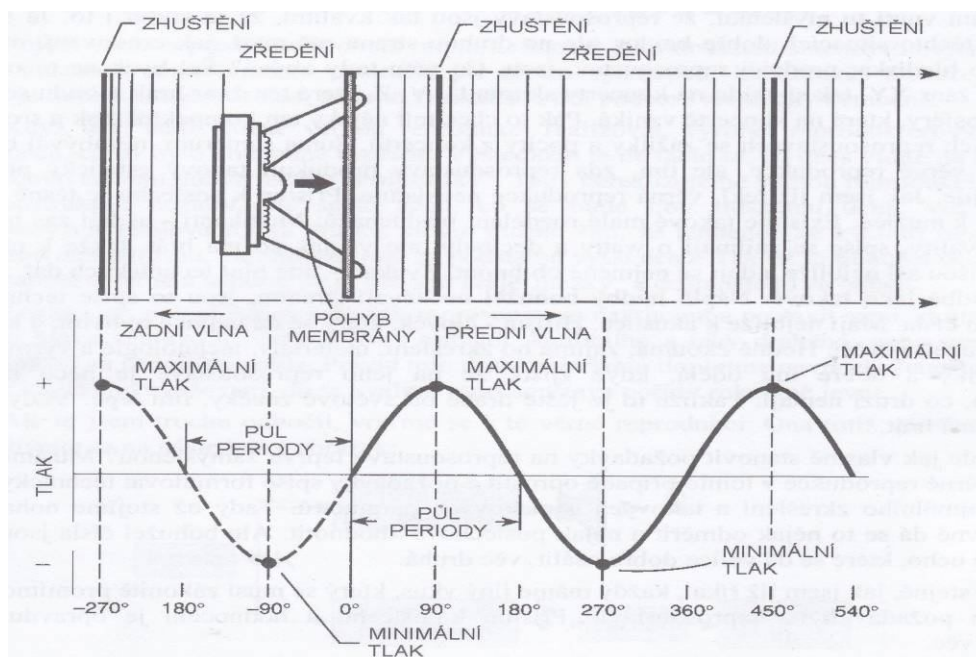
Zvuk je každé pozdĺžne mechanické vlnenie v látkovom prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Frekvencia tohto vlnenia leží približne v rozsahu 20 Hz až 20 kHz (záleží na individuálnych danostiach človeka), mimo týchto hraníc človek zvuk nevníma. V širšom zmysle je možné považovať za zvuk aj vlnenie mimo tohto rozsahu, teda infrazvuk a ultrazvuk.

Zvuk s frekvenciou nižšou než 20 Hz (ktorý počuje napr. slon) nazývame infrazvuk. Zvuk s frekvenciou vyššou ako 20 kHz (napr. delfín, alebo netopiere vnímajú zvuk až do frekvencií okolo 150 kHz) nazývame ultrazvuk.

4.2.1 Vznik a šírenie zvuku

Zvuk vzniká kmitaním hmoty, ktorá toto kmitanie odovzdáva hmotným časticiam v prostredí, ktoré ho obklopuje, napr. vzduchu, vode, kovu atď. Vo vzduchu nastáva zhutňovanie a zriedňovanie častíc, ktoré postupujú ako zvuková vlna rýchlosťou, ktorú označujeme rýchlosťou zvuku. Počet týchto zhutnení a zriedení za sekundu sa nazýva frekvencia (staršie označenie kmitočet). (obr. 4.2)

Zvuk sa šíri jedine v hmotnom prostredí. Z toho vyplýva, že vo vákuu nemôže nastať šírenie zvuku, pretože vákuum neobsahuje žiadne hmotné častice.



Obr. 4.2 Ilustrácia podstaty vzniku zvuku

4.2.2 Rýchlosť šírenia zvuku

Rýchlosť šírenia zvuku závisí od fyzikálneho stavu prostredia, v ktorom sa šíri. Pre vzduch s atmosférickým tlakom 1 013,25 hPa v nulovej nadmorskej výške pri teplote 20°C je rýchlosť šírenia zvuku $c = 343 \text{ m/s}$. Medzi frekvenciou, rýchlosťou šírenia zvuku a vlnovou dĺžkou zvukovej vlny platí vzťah:

$$\gamma = \frac{c}{f} \quad [m; m/s; Hz]$$

Rýchlosť šírenia zvuku teda závisí od tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu (zmena o 0,5 m/s pri zmene relatívnej vlhkosti 0 až 100%). Príklady rýchlosti šírenia zvuku v látkach: vzduch 340 m/s, voda 1500 m/s, betón 1700 m/s, ľad 3200 m/s, oceľ 5000 m/s, sklo 5200 m/s. Hustejšie látky vedú zvuk rýchlejšie.

4.2.3 Zdroj zvuku

Zdrojom zvuku je kmitajúce teleso. Záleží však aj na jeho schopnosti tento zvuk odovzdať (preniesť) na okolité prostredie. Dôležitou vlastnosťou je tvar telesa a tvar jeho okolia. Struna napnutá medzi dvoma pevnými bodmi telesa s veľkou hmotnosťou nie je dobrý zdroj zvuku, pretože pri kmitaní struny vzniká pretlak v smere jej pohybu, ale súčasne i podtlak na opačnej strane. Vzniká akustický skrat. Preto sa v strunových nástrojoch používa rezonančná doska, ktorá je v skutočnosti zdrojom zvuku gitary.

Zdrojom zvuku sú okrem telies s vlastným kmitaním aj umelé zdroje, ktoré kmitajú tzv. vynúteným kmitaním (reproduktor, hlasivky, krídelká svrčka a pod.).

4.2.4 Zvuk z hľadiska vnímania

Zvuky (z hľadiska človeka a jeho vnímania) môžeme rozdeliť na hudobné (tóny) a nehudobné (hluky). Tóny vznikajú pri pravidelnom, periodicky sa opakujúcom kmitaní. Pri počúvaní vzniká v mozgu dojem určitej výšky, preto sa tóny používajú v hudbe. Zdrojom hudobných zvukov môžu byť okrem hlasiviek aj rôzne hudobné nástroje. Hlukom označujeme nepravidelné vlnenie, vznikajúce ako zložené nepravidelné kmitanie telies. Rozdiel medzi tónmi a hlukom je malý a súvisí s ponímaním zvuku jednotlivcom.

4.2.5 Parametre zvuku

Každý zvuk sa vyznačuje svojou fyzikálnou intenzitou, hladina zvuku je meraná v dB, a fyziologickou hladinou svojej hlasitosti, čo je vlastne amplitúda. Mimo to sa hudobné zvuky vyznačujú frekvenciou, ktorá určuje ich výšku. Treťou základnou vlastnosťou zvuku je priebeh kmitania ovplyvňujúci jeho zafarbenie. Trvanie zvuku v čase určuje jeho dĺžku.

Zvuky v bežnom živote vnímame ako hlasné alebo tiché. Pre porovnanie hlasitosti zvuku sa používa fyzikálna veličina - hladina zvuku.

Dynamický rozsah ľudského ucha je rozdiel medzi najhlasnejším a najtišším počuteľným zvukom, čo je uprostred počuteľného frekvenčného pásma asi 120 dB. Na okrajoch pásma je počuteľnosť oveľa menšia.

Rozlišovanie frekvencie - schopnosť rozlíšiť frekvencie tónov sa u každého človeka líši a je závislá na konkrétnej frekvencii. Uprostred počuteľného frekvenčného pásma je možné rozlíšiť zmenu frekvencie o niekoľko desiatín Hz. Na okrajoch pásma je rozlišovacia schopnosť výrazne nižšia.

4.2.6 Zvukové spektrum

Zvukové spektrum delíme na niekoľko frekvenčných pásiem. Hranice nie sú pevne dané.

- nízke tóny (basové) - zvuky hromu a výstrelů, údery na bubon, zvuky basy, frekvencie cca 20 Hz – 3kHz
- stredné tóny - reč, ruchy ulice, dávajú zvuku energiu (ľudské ucho je citlivé práve na túto spektrálnu oblasť), frekvencie cca 300 Hz – 11 kHz
- ľudský hlas - narába zo základným tónom okolo 400 Hz. Tento sa môže meniť polohou jazyka, zubov, pier v rozsahu asi od 175 Hz do 3700 Hz. Na túto časť zvukového spektra je ľudské ucho najcitlivejšie.
- vysoké tóny - píšťala, frekvencie cca 1.5 kHz až 20 kHz

5 Akustika

Rozdelenie akustiky

Dôvody a ciele záujmu o akustiku sú rôzne, a práve podľa toho se tento odbor dá rozdeliť na niekoľko častí:

- Fyzikálna akustika - študuje spôsob vzniku a šírenia zvuku. Ďalej se zaoberá jeho odrazom a pohlcovaním v rôznych materiáloch.
- Hudobná akustika - skúma zvuky a ich kombinácie zo zreteľom na potreby hudby.
- Fyziologická akustika - sa zaoberá vznikom zvuku v hlasovom orgáne človeka a jeho vnímaním v uchu.
- Stavebná akustika - skúma dobré a nerušené podmienky počúvateľnosti hudby a reči v obytných miestnostiach a sálach.
- Elektroakustika - sa zaoberá záznamom, reprodukciou a šírením zvuku s využitím elektrického prúdu.

5.1 Vibrácie

Vibrácie sú mechanické kmitania pevných látok. Vznikajú pôsobením rázových alebo periodických síl. Pri šírení sa vibrácie konštrukciou alebo telesom môže povrch chvejúceho sa materiálu časť svojej energie odovzdať okolitému vzduchu, teda môže byť zdrojom zvuku. Hluk a vibrácie spolu úzko súvisia, pretože v mnohých prípadoch kmitajúce útvary sú príčinou sekundárne vznikajúceho hluku a opačne - akustická energia prenášaná vzduchom môže vyvolať rušivé kmitanie konštrukcií.

1.5.1. Ochrana pred vibráciami

Na tlmenie vibrácií sa najčastejšie používajú materiály na báze bitumenu (asfaltu) v kombinácii s rôznymi prísadami alebo podobné materiály, ktoré vedú účinne premieňať mechanickú energiu na teplo. V podstate dokážu účinne absorbovať kmitanie tenkých materiálov, na ktorých sú nanesené. Vnútoraná (vystužená) konštrukcia zabraňuje nechceným zvukovým odrazom a rezonanciam.

Problém nastáva vtedy, pokiaľ debnu (stojan) položíme niekam inde ako na hrubý pružný koberec. Tvrdá podlaha alebo nábytok prijme tieto kmity a môže zaznievať nevhodnými rezonanciami. Tento kontakt môže navyše spätne ovplyvniť chvenie boxu reprobredne a s tým aj zvuku. Ideálne je prenosu chvenia mimo konštrukciu debne čo najviac zabrániť.

Taktiež vyššia hmotnosť stojanu znamená väčšiu prekážku pre prenos chvenia z debne do podlahy.

Existujú dva hlavné spôsoby – mäkký (obr. 5.1) a tvrdý (obr. 5.2). Výnimočne aj iné (obr. 5.3) (obr. 5.4) (obr. 5.5). Pokiaľ debny podložíme pružnými podložkami, špeciálnymi gumovými pukmi alebo inou absorbčnou hmotou, môže debna na týchto „pohyblivých podstavcoch“ voľne kmitať a chvenie sa nikam neprenáša.



obr. 5.1 Šróbovacie hroty s gumennými podložkami

Druhou možnosťou su šróbovacie špicaté hroty, tie eliminujú chvenie práve ich minimálnym bodovým dotykom s podložkou.

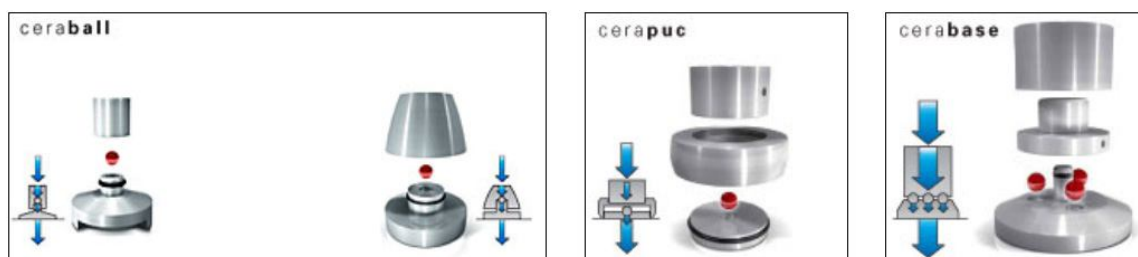


obr. 5.2 Antirezonančné šróbovacie / nalepovacie hroty

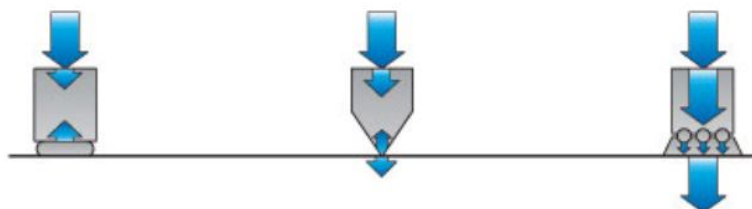
Špeciálne high-tech



The CERA technology na princípe keramických guľčiek a najlepších materiálov.



obr. 5.3 ceraball



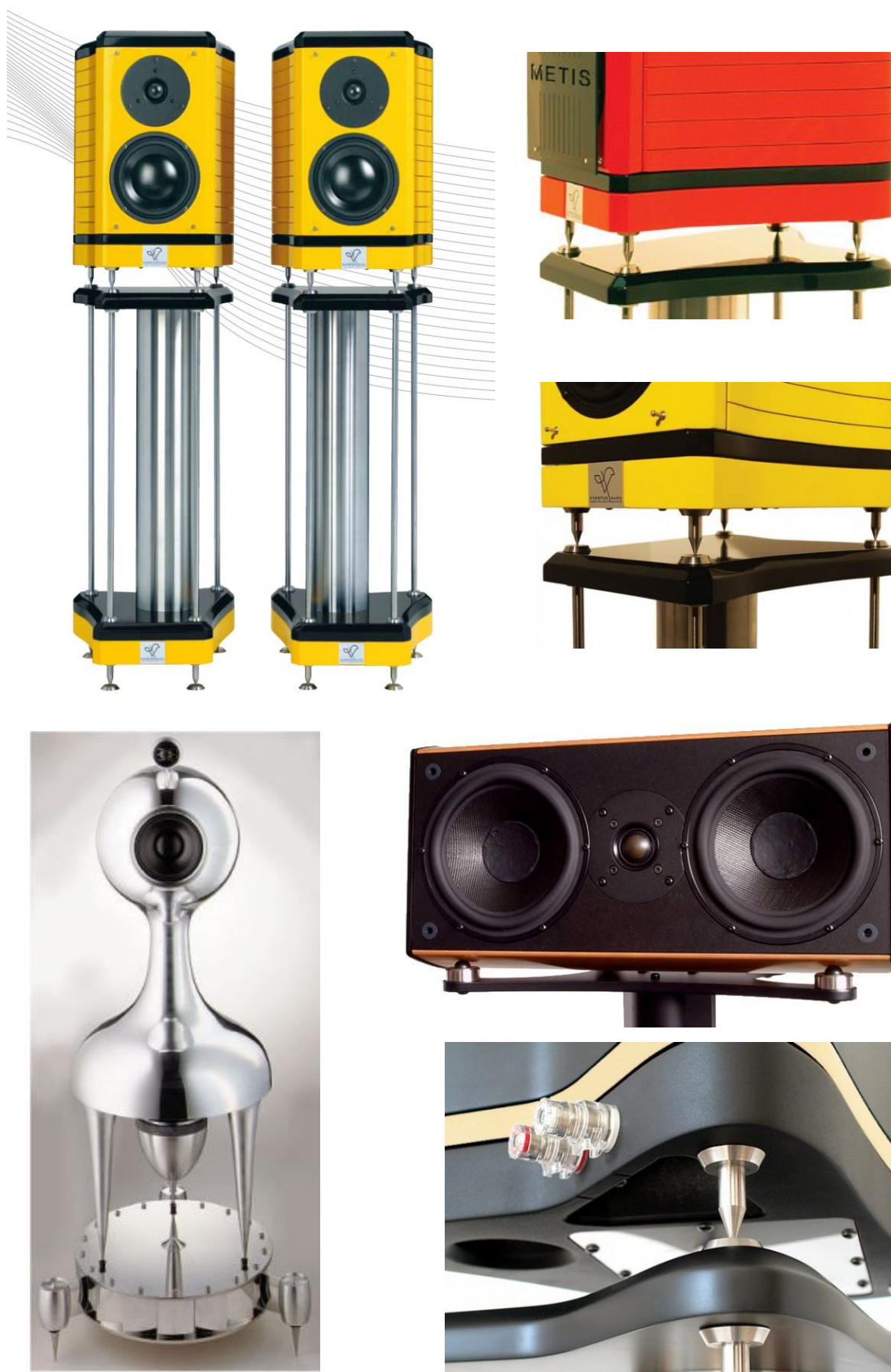
(obr. 5.1)

(obr. 5.2)

(obr. 5.3)

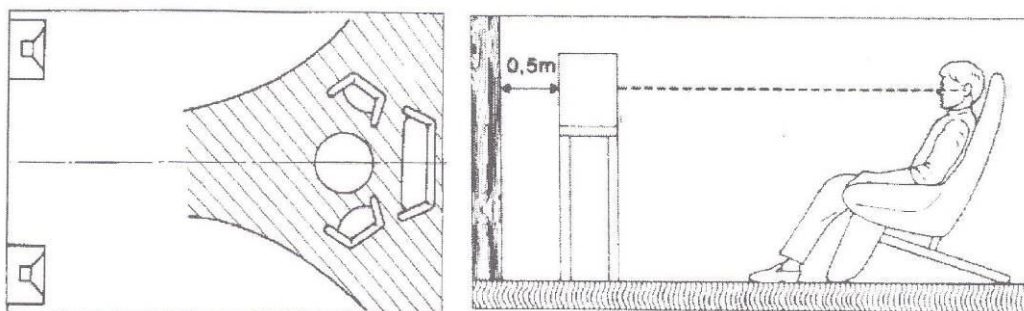
obr. 5.4 Pôsobenie vibrácií na odhmotnovacie nohy, hroty a iné

1.5.2. Príklady snahy o maximálnu redukciu vybrácií *obr. 5.5 Ilustračné*



5.2 Orientácia miestnosti

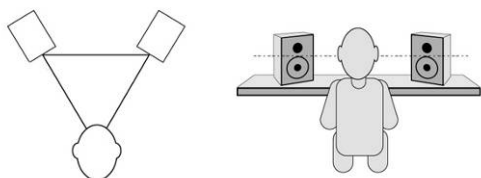
Výškový reproduktor má byť vždy v rovnakej výške ako ucho poslucháča (obr. 5.6).



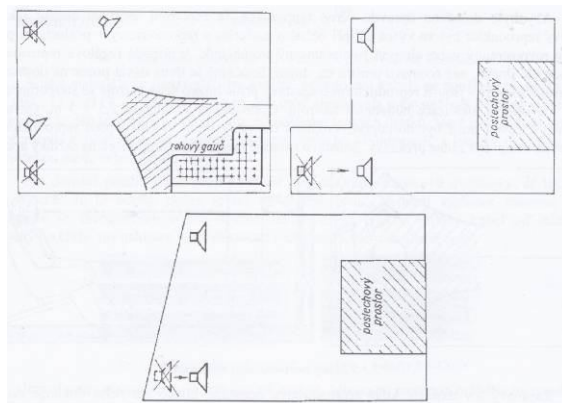
obr. 5.6 Vhodné umiestnenie repro

V zásade je vhodné, aby miestnosť bola pri počúvaní hudby orientovaná na dĺžku. Je však potrebné, aby poslucháč sedel v mieste, kde je od oboch bočných i zadnej steny približne v rovnakej vzdialenosti (obr. 5.7) (obr. 5.10).

Zároveň je žiadúce, aby reproduktorové sústavy boli umiestnené symetricky k osi miestnosti a miesto posluchu bolo v tejto osi (obr. 5.8).

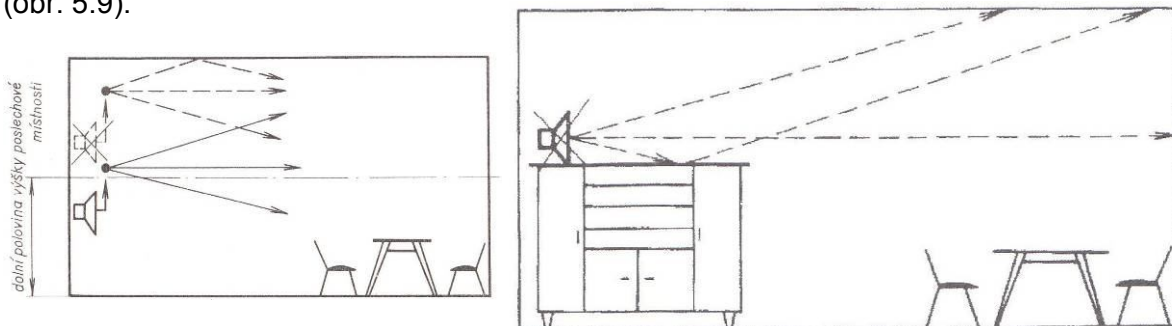


obr. 5.8 Symetrické usporiadanie

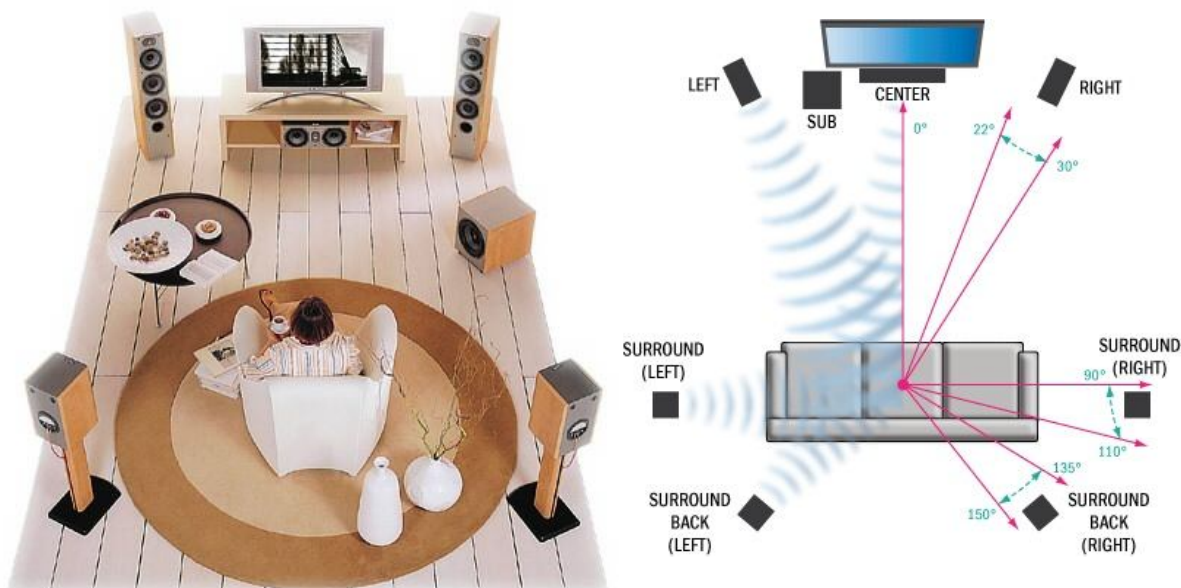


obr. 5.7 Orientácia miestnosti

Neumiestňovať reproduktor na a do políc a skriniek, tiež do hornej polovice výšky (obr. 5.9).



obr. 5.9 Nevhodné umiestnenie



Obr. 5.10 Vhodné rozmiestnenie roprosústavy

6 Požiadavky na prevedenie a možné obmedzenia

6.1 Nosnosť

Hmotnosť regálových reproduktorov sa pohybuje od 5 – 22 kg, z čohopribližne 98% je do 16 kg. Nie každý reproduktorový stojan je dimenzovaný, pre všetky typy repro. Nosnosť môže byť jediným a hlavným limitujúcim faktorom.

Pôvodne som chcel svoj návrh stojanu, koncipovať predimenzovaním stojanu, pre najťažší známy reproduktor v danej kategórii.

Nakoniec najväšie obmedzenie, ktorému som sa musel počas celej konštrukcie podriaďiť, bol až neesteticky veľký priemer vrchného dutého valca, ktorý, mal splňovať pôvodné nosnostné predispozície. Málo ktorý reproduktor by presahoval svojou šírkou priemer spomínaného valca, v danom prípade.

6.2 Výška

Výška hi-fi stojanov sa pohybuje od 600 mm do 700 mm, vynimočne pri neštandardných stojanoch sa môže líšiť.

Avšak veľmi zriedka, takmer vôbec sa nestreávame s výškovo nastaviteľnými stojanmi, ktorými by sme mohli reagovať na zmenu výšky posluchového miesta alebo poslucháča, prípadne zmenu interiéru atp., čo je z hľadiska umiestnenia reproduktoru vec ktorá sa nesmie podceňiť.

6.3 Farebné prevedenie

Zladenie s reproduktorom a v neposlednom rade s interiérom.

Tento problém sa rieši, čo nejuniverzálnejším prevedením stojanu, počínajúc farbou a tvarom stojanu, tak aby nerušil celkový dojem z umiestnenia reproduktoru na stojane..

V iných prípadoch sa vyrábajú stojany už predurčené určitému typu alebo značke reproduktorov. Len vo výnimočných prípadoch, sú súčasťou regálových reproduktorov aj odpovedajúce stojany. Väčšinou pri najdrahších modeloch avšak aj to nie je pravidlom.

Z toho vyplýva, že pri zmene reproduktorov (bezohľadu na ich vzhľad, čo je z praktického hľadiska reproduktoru nepodstatné), sa môže veľmi často stávať, že stojany určené (alebo predtým vybrané) predovšetkým k predchádzajúcej sústave, nemusia vôbec tvoriť na pohľad príjemný estetický zážitok z „uceleného“ kompletu.

6.4 Materiál

Možnosť je tak isto esteticky a typovo zaradiť do interiéru, možnosť obohatiť alebo zladíť interiér, nie len farebne, ale aj použitými materiálmi.

Na materiál reproduktorových stojanov, sa nekladú žiadne špeciálne nároky.

Celkovo musí byť stojan, čo najtuhší, aby na ňom nevznikli nežiadúce rezonancie.

Často stojany ponúkajú možnosť, zýšiť ich celkovú hmotnosť, čo je prínosom pre elimináciu chvenia z debne do podlahy, čo pozitívne prispieva k minimalizácii vibrácií.. A to vyplnením dutých priestorov v nohe stojanu, väčšinou pomocou rôznych sypkých materiálov.

Pre môj návrh som zvolil sklenené prevedenie válcov. Avšak nie je problém vyhovieť požiadavkám zákazníka na materiál a jeho farbu, pre každý kus jednotlivo. Može to byť napr. polykarbonát alebo corian, ktorý ponúka vyše 100 farebných varánt (vrátane imitácií prírodných kameňov).

7 Koncepty návrhov a variantov

Stojany pod regálové reproduktory sa vyrábajú pevné, väčšinou z jedného kusu, ktorý je prípadne pripevnený k podstave a na druhom konci sa nachádza priestor pre umiestnenie reproduktora, bez ďalšej možnosti zmeny parametrov.

Pri výbere témy, som chcel zostať pri jednom z mojich koníčkov, ktorým je audio.

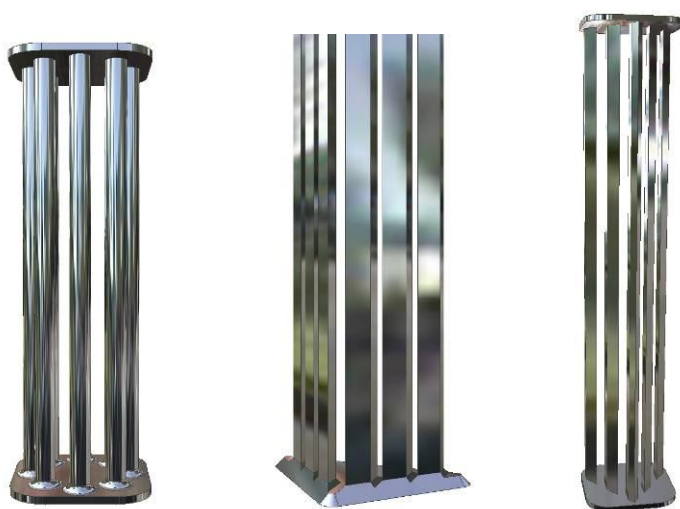
V žiadnej inej oblasti sa nevyskytuje taký rozmerný prvok, na ktorom sa dá realizovať množstvo inovatívnych (nie len dizajnových) nápadov a návrhov, ktorý sa stáva súčasťou a dopĺňa stojanové reproduktory o stojan.

Pri prípadnej aj zásadnej zmene tvaru, alebo materiálu stojanu, neplatia okrem celkovej mohutnosti a tuhosti žiadne zásady, ktorými by bolo potrebné sa riadiť pri ďalšom návrhu.

Priamo tvar stojanu nemá takmer žiadny vplyv na celkovú akustiku, čo je v tomto odvetví veľkou výnimkou.

Prvé návrhy pevného stojanu :

Zo začiatku som mal v pláne po prieskume trhu, zhotoviť koncept stojanu s nejakým netradičným tvarom, ktorý by sa na trhu zatiaľ ešte nevyskytoval, alebo bol ojedinelý niečím odlišný od rádových stojanov. (obr 7.1)



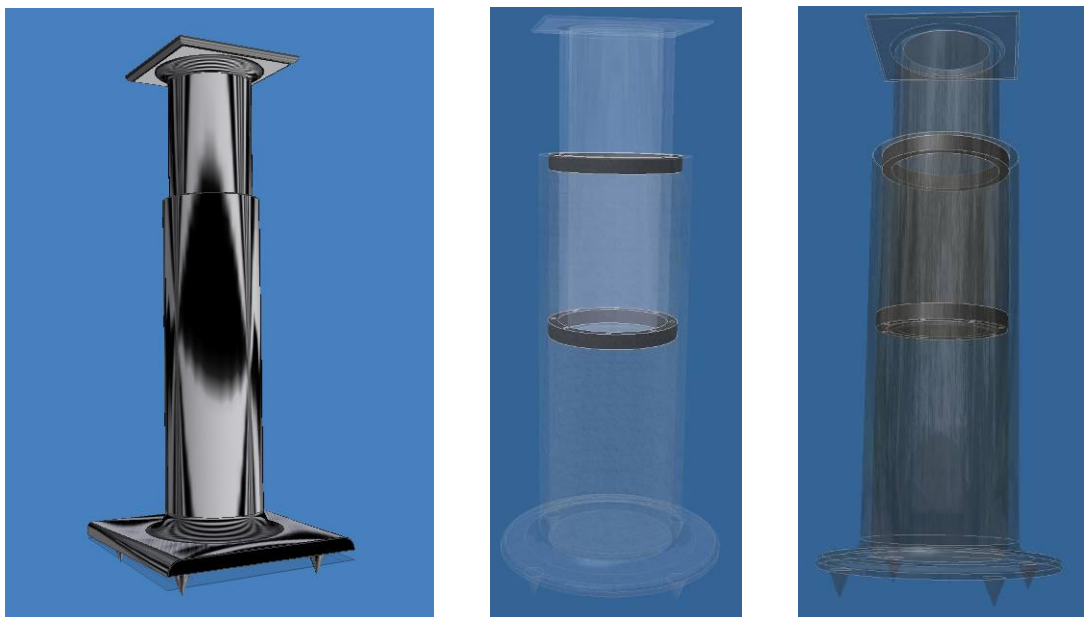
obr. 7.1 Prvé návrhy pevného stojanu

Trh ponúka celkovo pestrý výber stojanov, avšak stojan nie je každodenná záležitosť a preto pri prvom oboznámení sa a ich výbere treba byť trpezlivý

Celkom revolučný bol nápad vymyslieť stojan s vlastným tlmením.

Po prvotných úvahach, a hľadaní najvhodnejšieho spôsobu tlmenia, som sa rozhodol pre vztlakovú silu, tým pádom reproduktor bude v podsate plávať na olejovej hladine, čo by malo pohlcovať aj minimálne chvenie.

Prvé návrhy už so zámerom olejového tlmenia (obr 7.2)



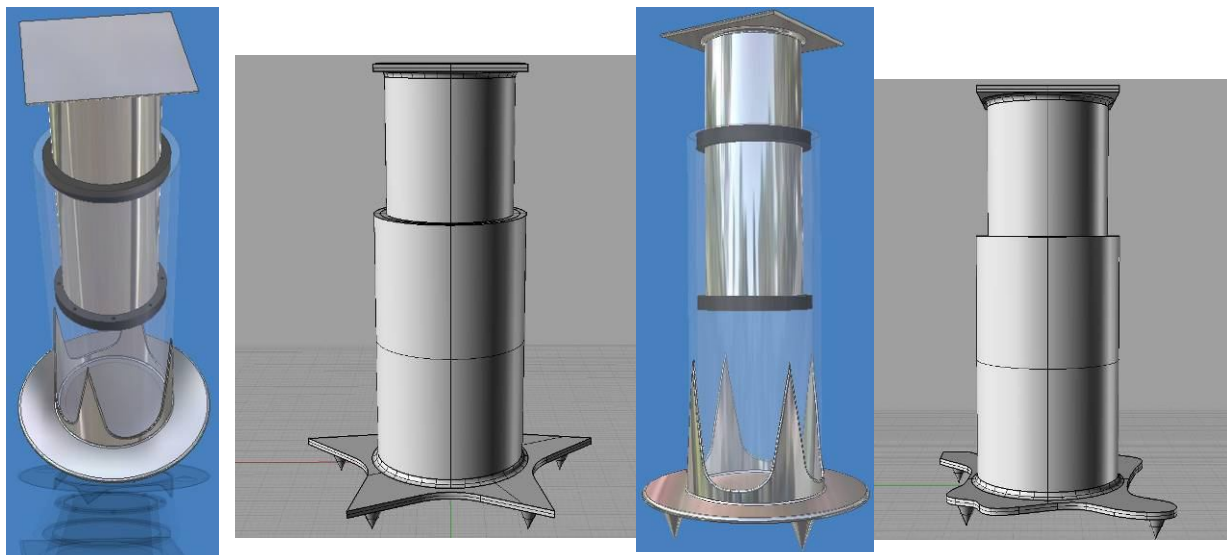
obr. 7.2 Prvé návrhy už so zámerom olejového tlmenia

Tu sa vyskytol problém so zabezpečením stabilného, spoľahlivého vedenia vnútorného vĺca vo vonkajšiom.

Ďalšie návrhy s olejovým tlmením, výber tvaru spodnej podstavy (obr. 7.3)

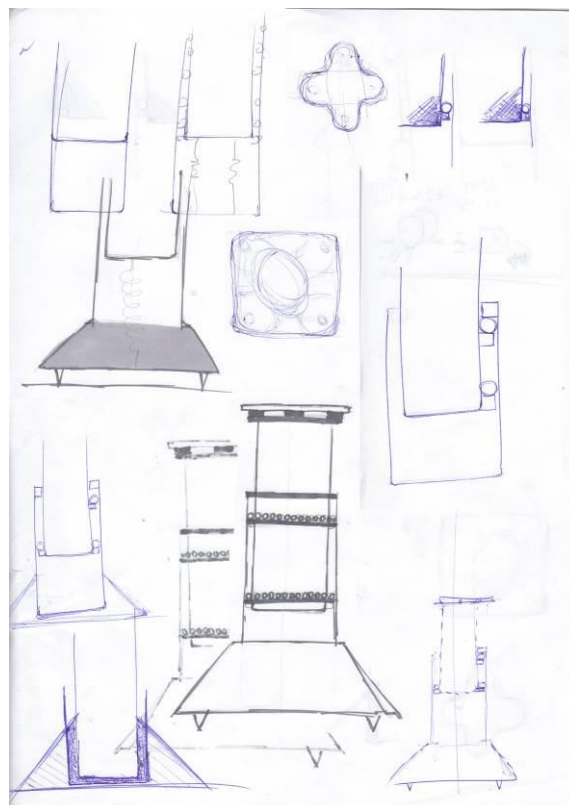
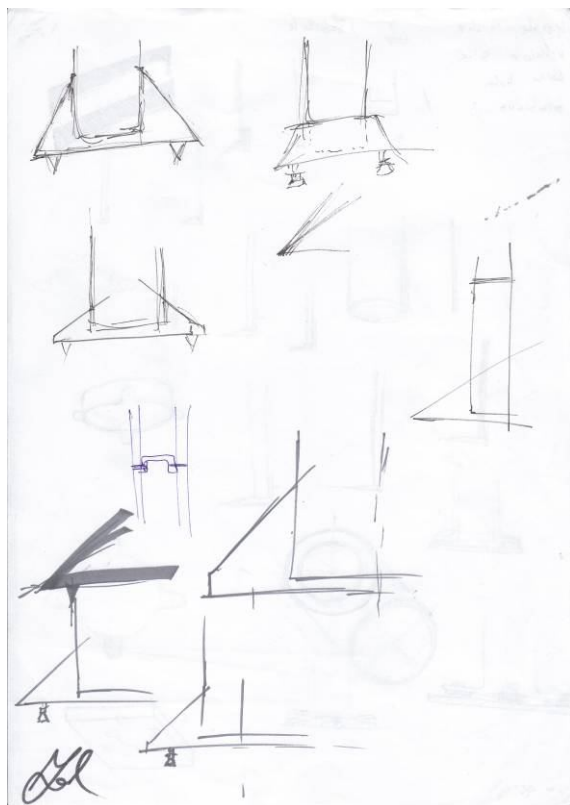


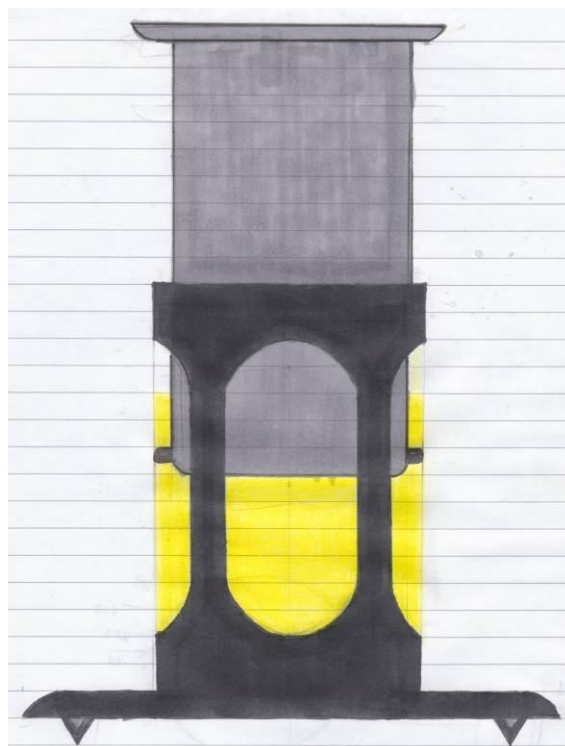
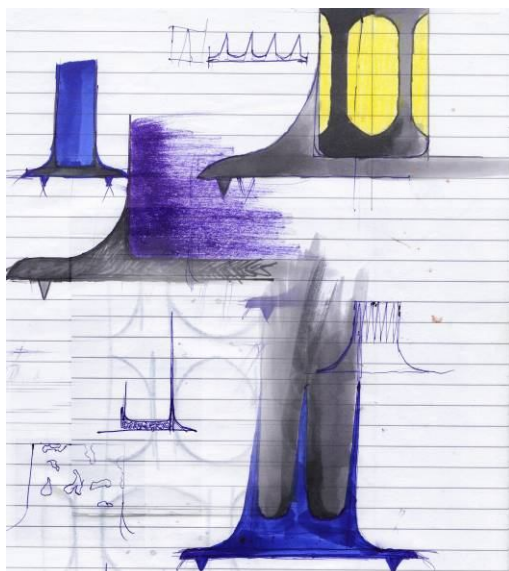
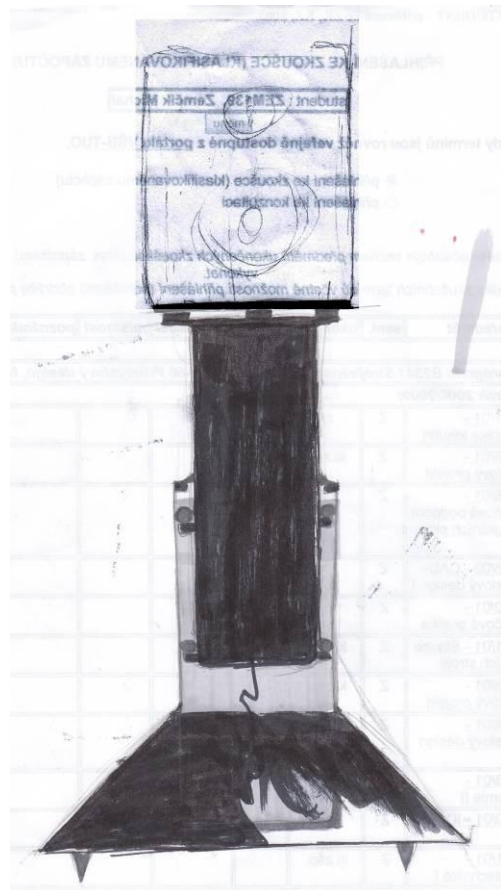
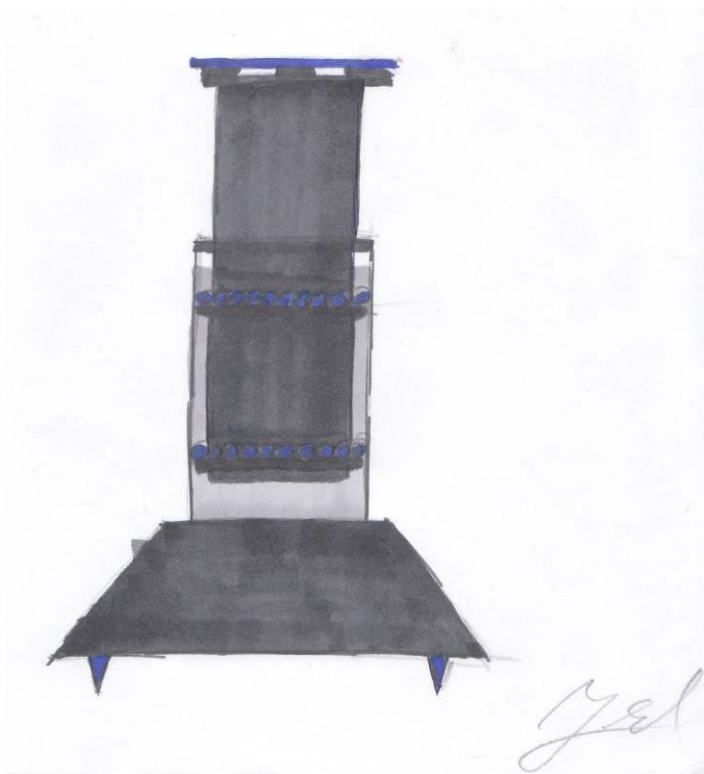
O princípe tlmenia už bolo rozhodnuté, z toho dôvodu sa už od začiatku prakticky nemenil základný tvar, dvoch do seba zasunutých válcov. Ale o to viac som musel zapracovať, na čo najlepšom nie len v prvom rade estetickom, ale aj konštrukčnom prevedení, ktoré by rozhodovalo aj o upevnení celého stojanu.



Ďalšie návrhy s olejovým tlmením, výber tvaru spodnej podstavy (obr. 7.3)

Skice (obr. 7.4)

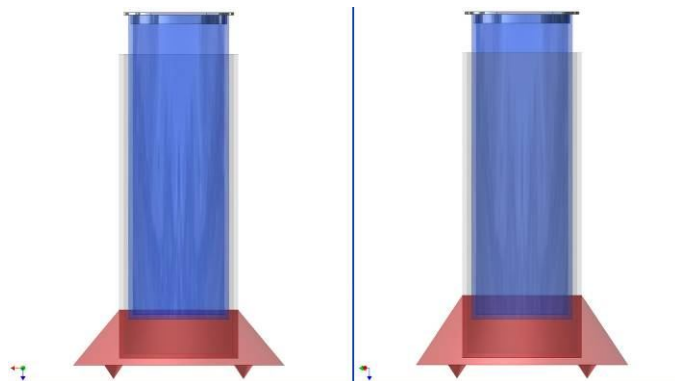




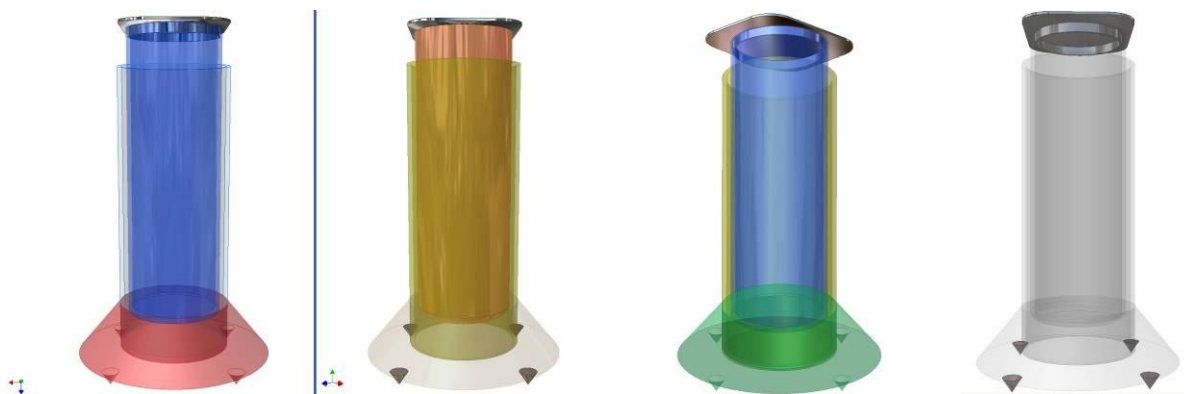
obr 7.4 Rôzne skice z celého priebehu navrhovania stojanu

Konečný tvar (obr. 7.5)

- Výber výšky podstavy
zvolená 120mm / 150mm



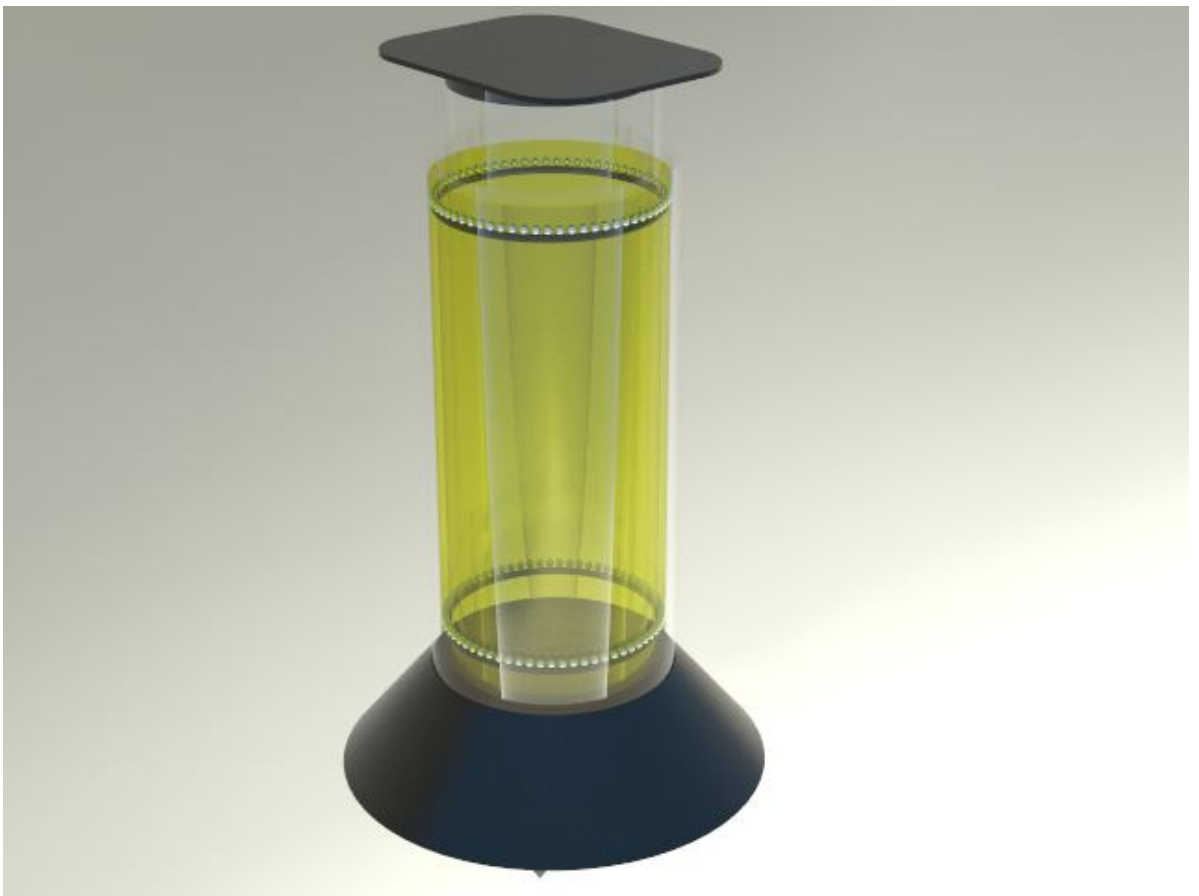
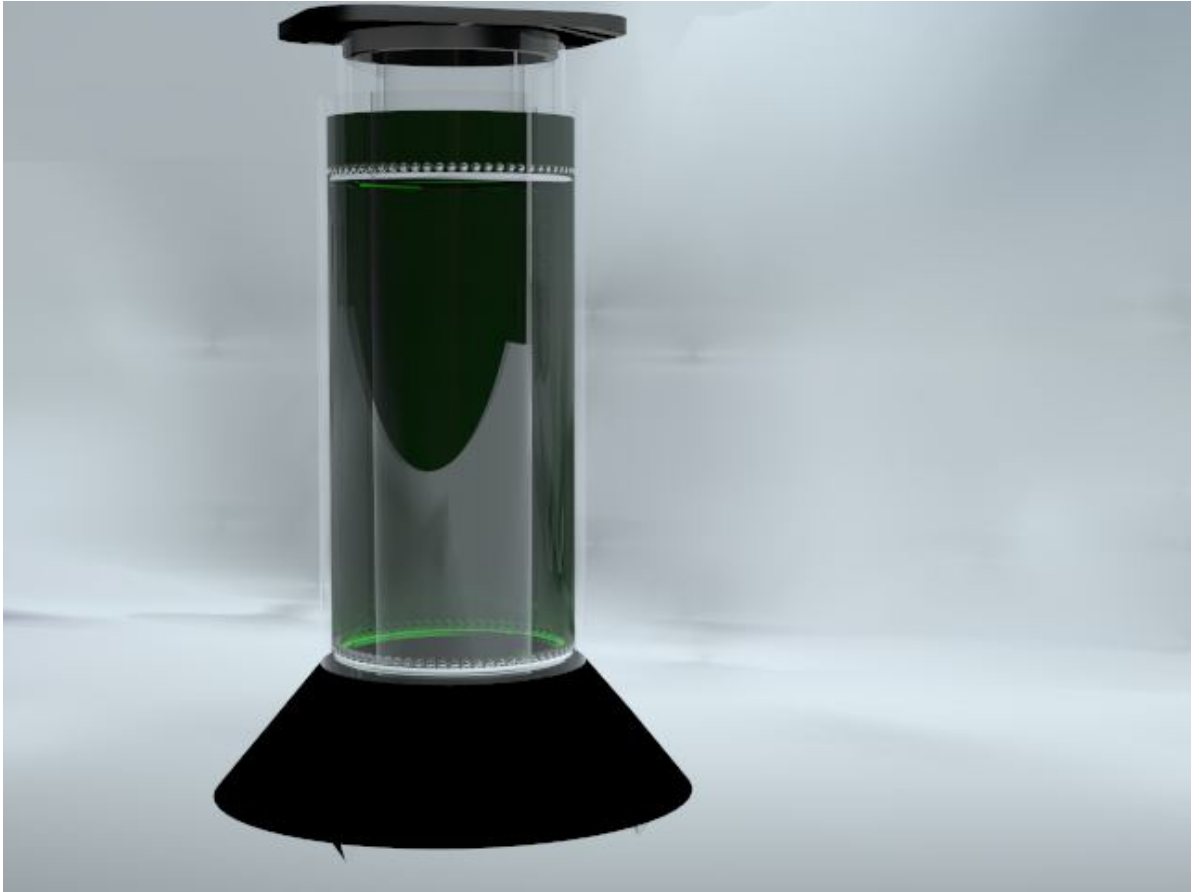
- S rôznymi farebnými prevedeniami

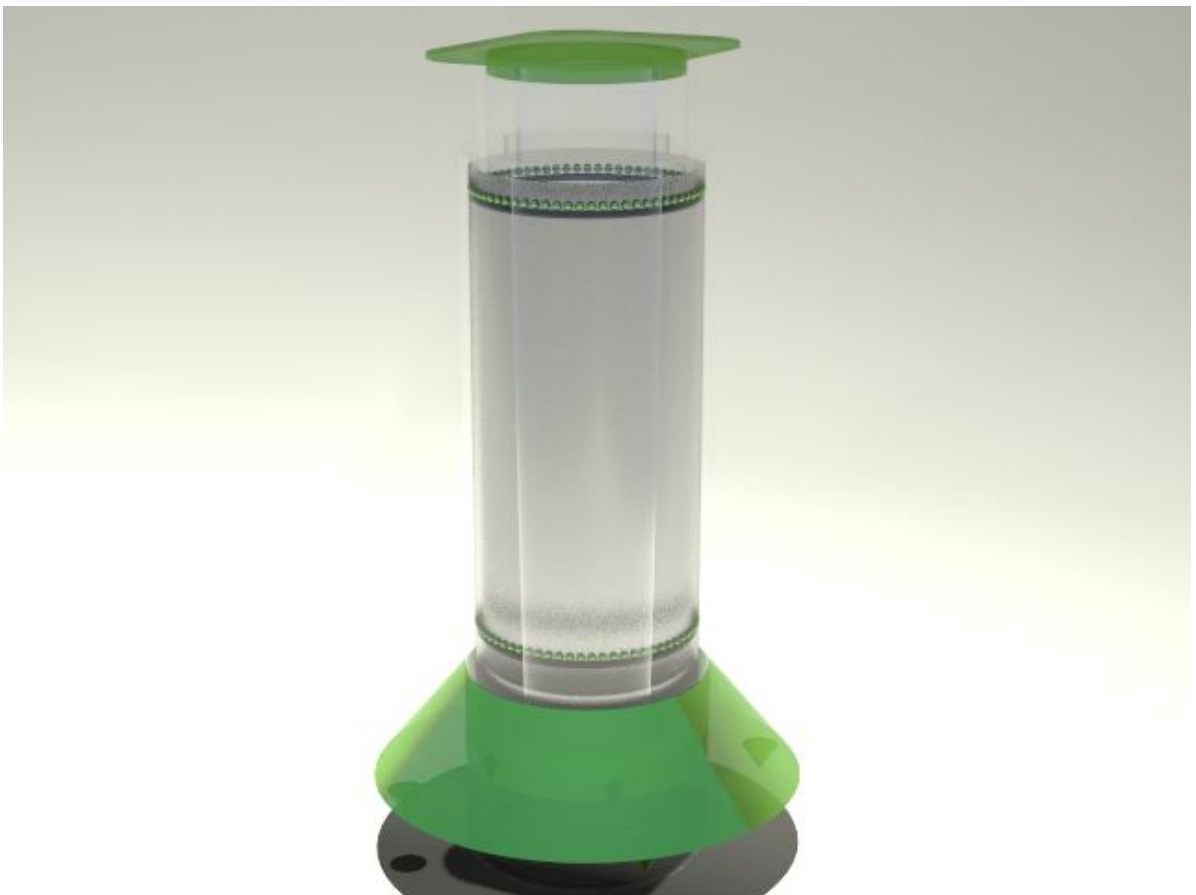
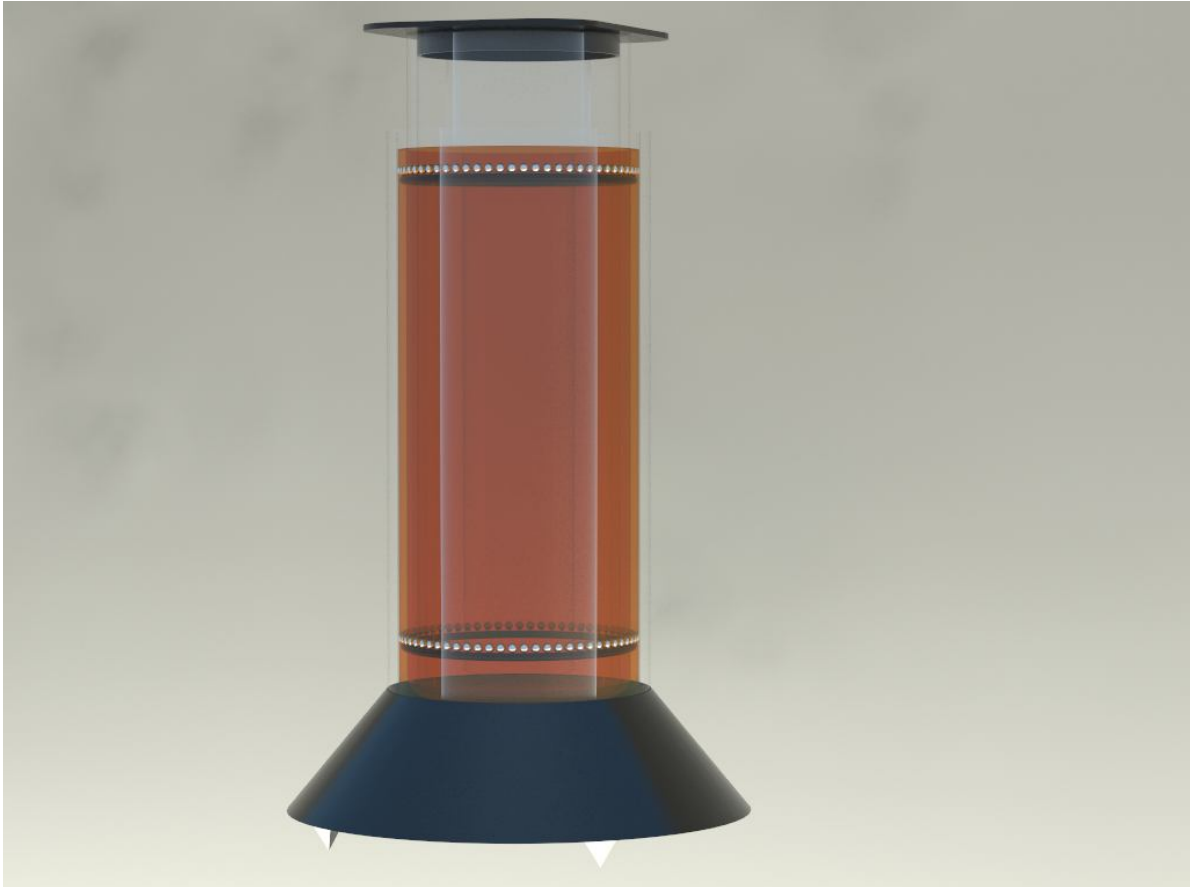


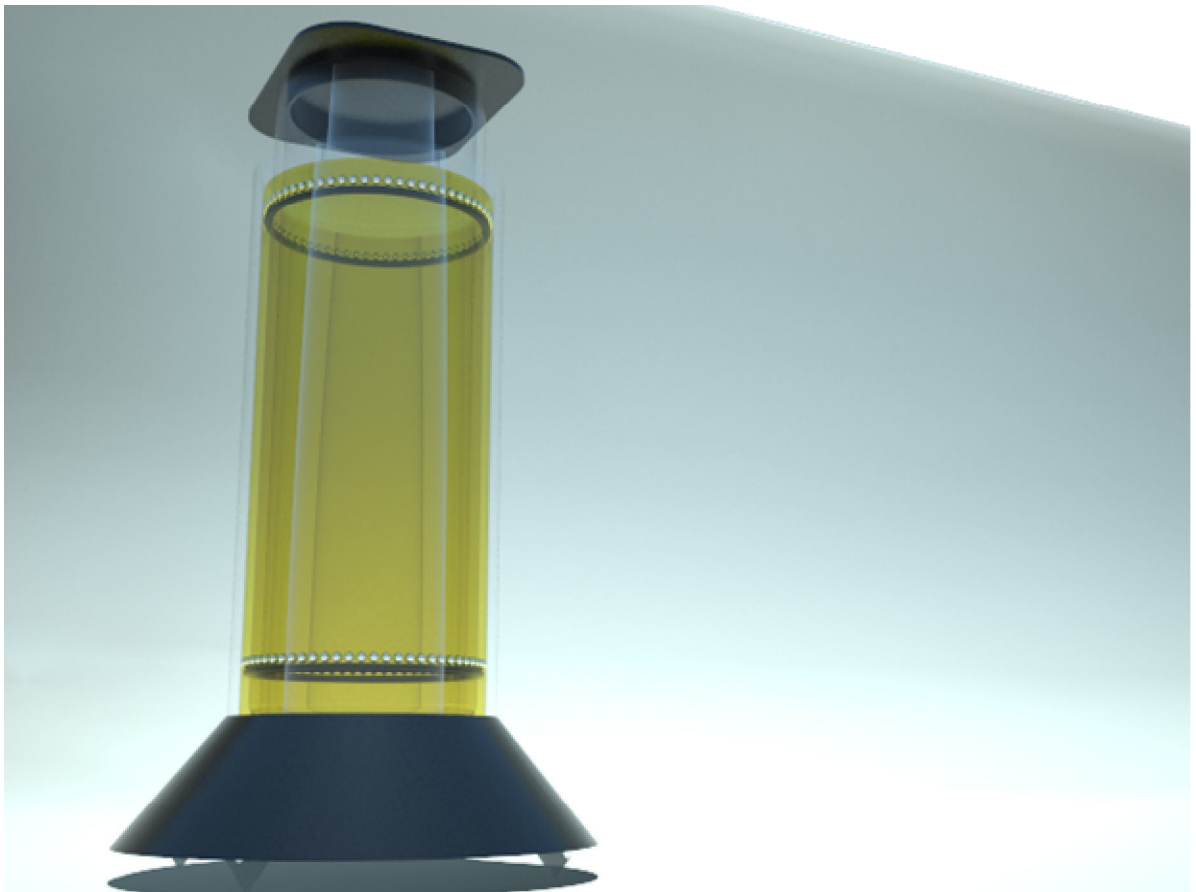
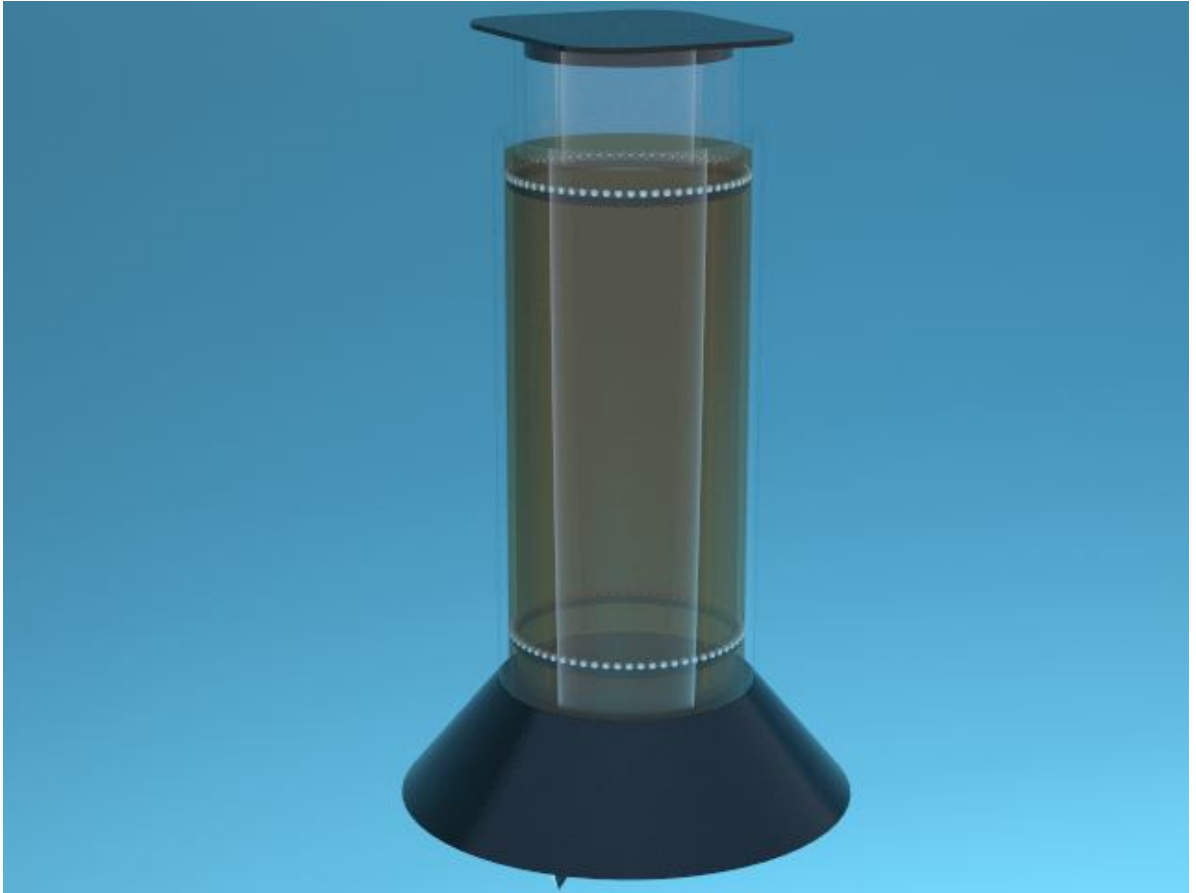
Obr 7.5 Konečné tvary s rôznymi farebnými prevedeniami

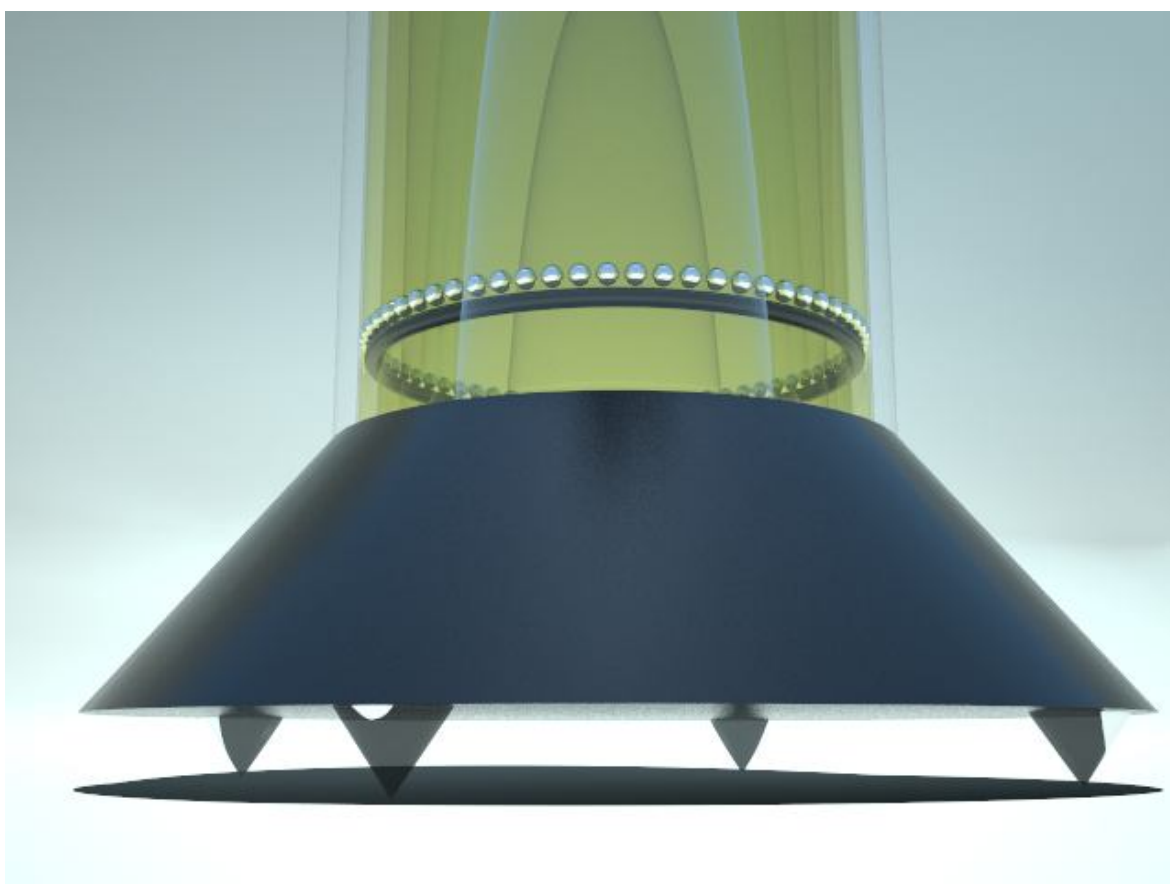
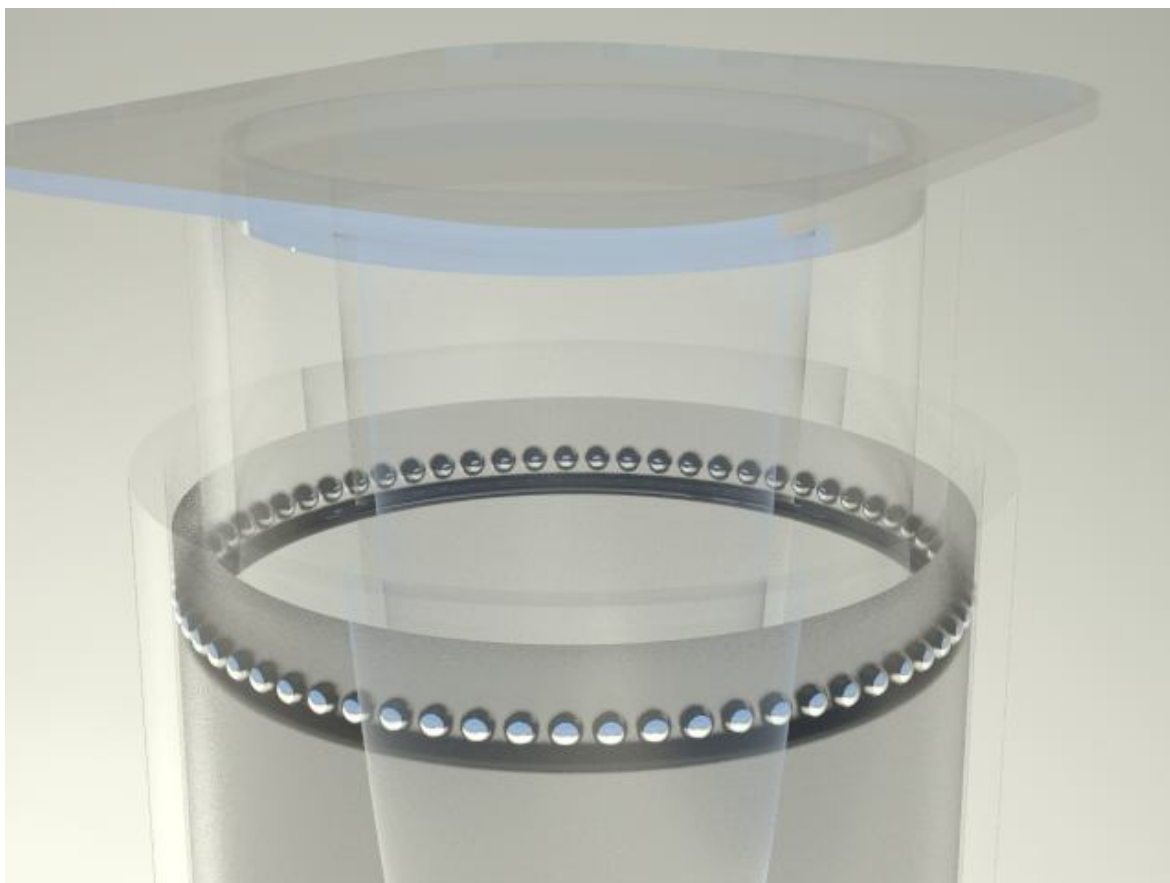
Rendre (obr. 7.6) (obr. 7.7)



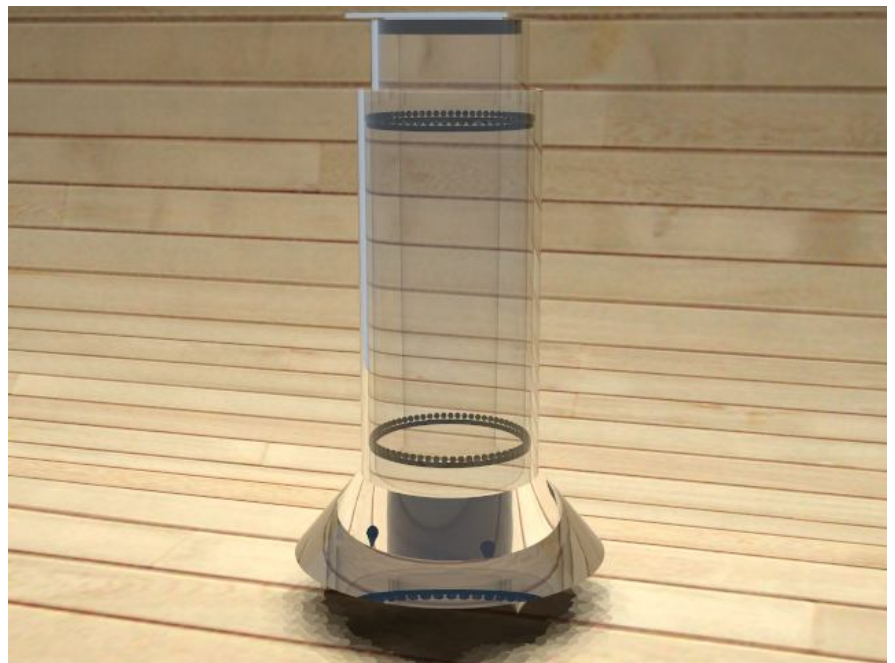
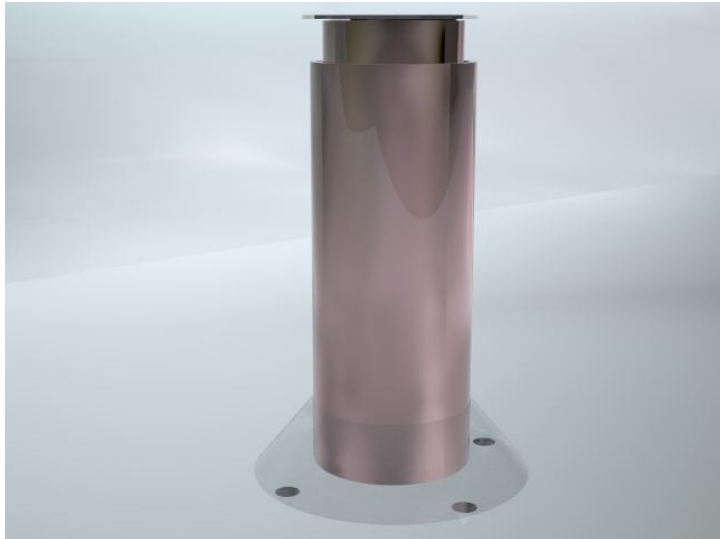
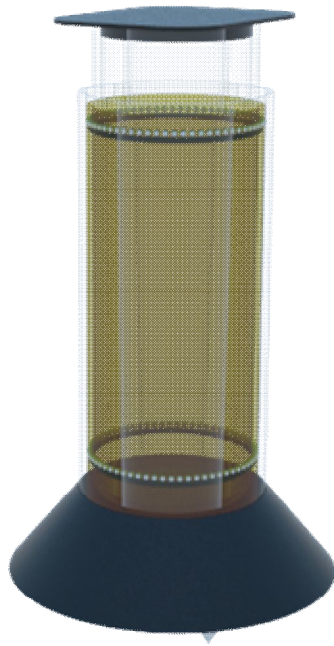


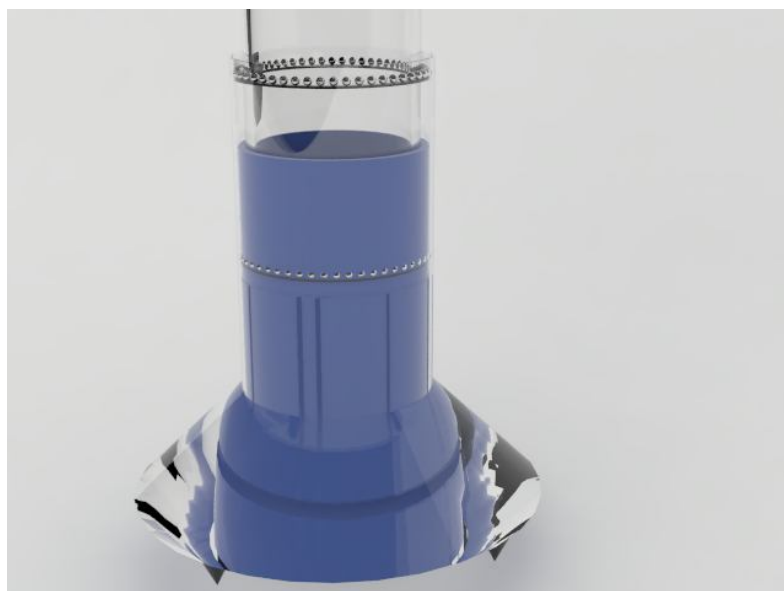
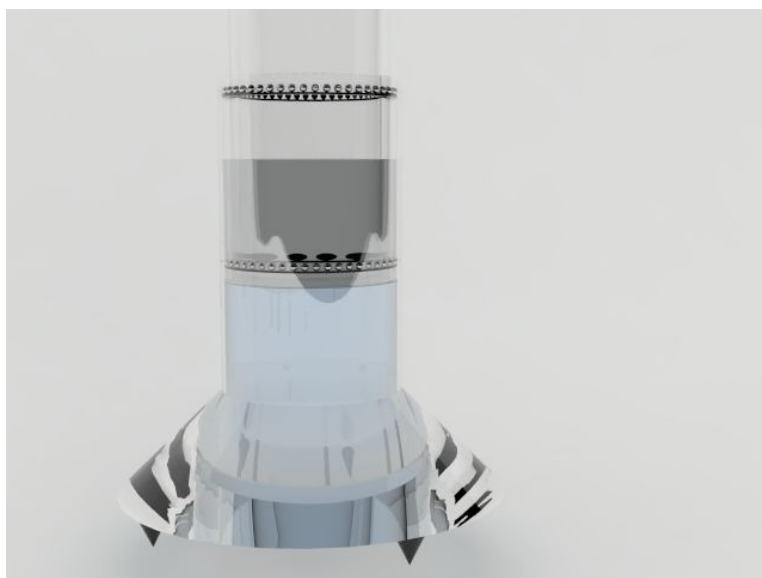






Obr 7.6 Rendre





Obr 7.7 Rendre staršie

Konečné zakomponovanie do interiéru. (obr. 7.8)



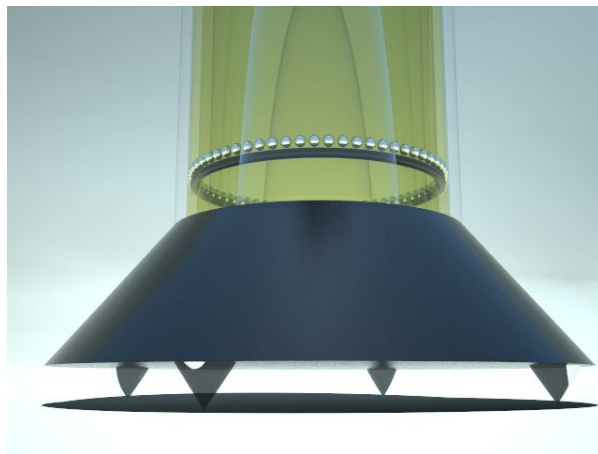
obr. 7.8 Konečné zakomponovanie do interiéru

3D model vymodelovaný v Rhinoceros 4.0 pripasovaný k pôvodnému obrázku a vyrendrovaný vo V-ray, následne dosadený v Adobe Photoshop CS3 ako .png. Pôvodný obrázok som ešte na začiatku upravoval z estetického hľadiska.

8 Konečné prevedenie vrátane vodiaceho mechanizmu.

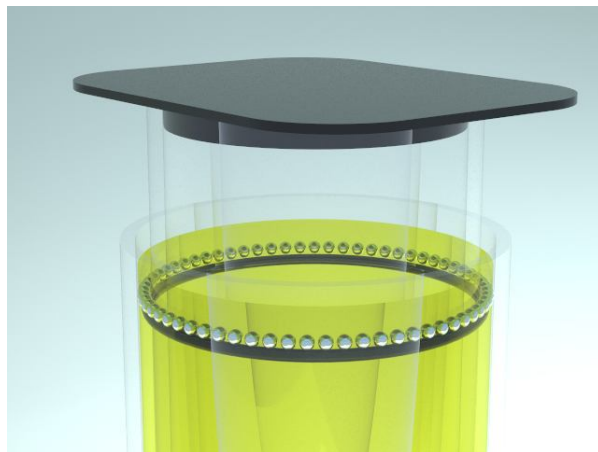


Základom je nosná spodná konštrukcia do ktorej sa nalepí väčší valec.



Zo spodku nosnej konštrukcie sa nachádzajú 4 odhmoťňovacie hroty, ktoré sa na ňu lepia.

Menší dutý valec sa osadí dvomi O-krúžkami do predfrézovaných drážok.



Tie potom zabraňujú prepadnutiu FAQ guľičiek po vložení do väčšieho valca, ktoré zabezpečujú vertikálny pohyb.

Na vrch dutého valca sa položí kryt, ktorý slúži na pripevnenie reproduktoru.

Po odkrytí sa môže v prípade potreby, hlavne pri ľahkých reproduktoroch, doliať alebo dosypať potrebná chýbajúca hmotnosť a tým vyrovnať hmotnosť ku vztlakovej sile.

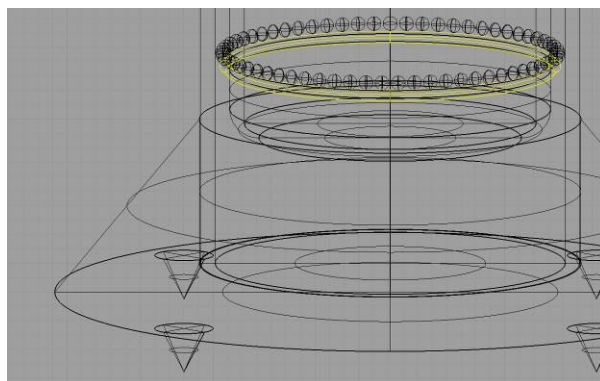
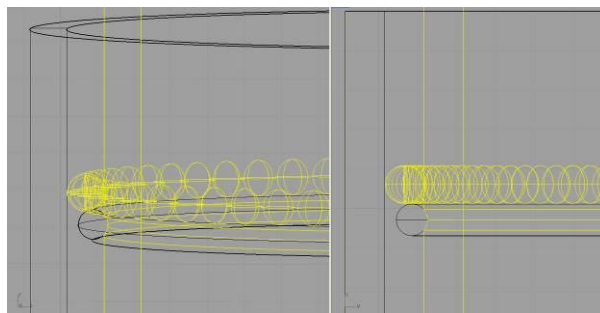
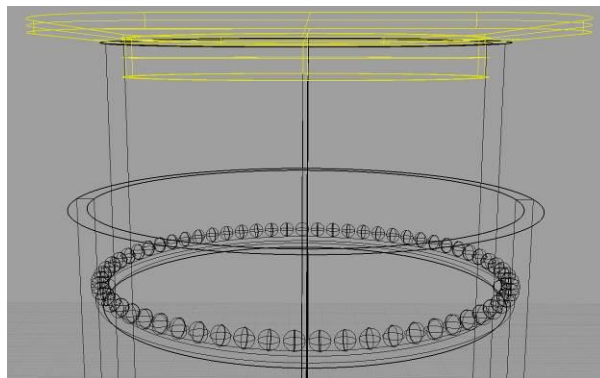


8.1 Vodiací mechanizmus

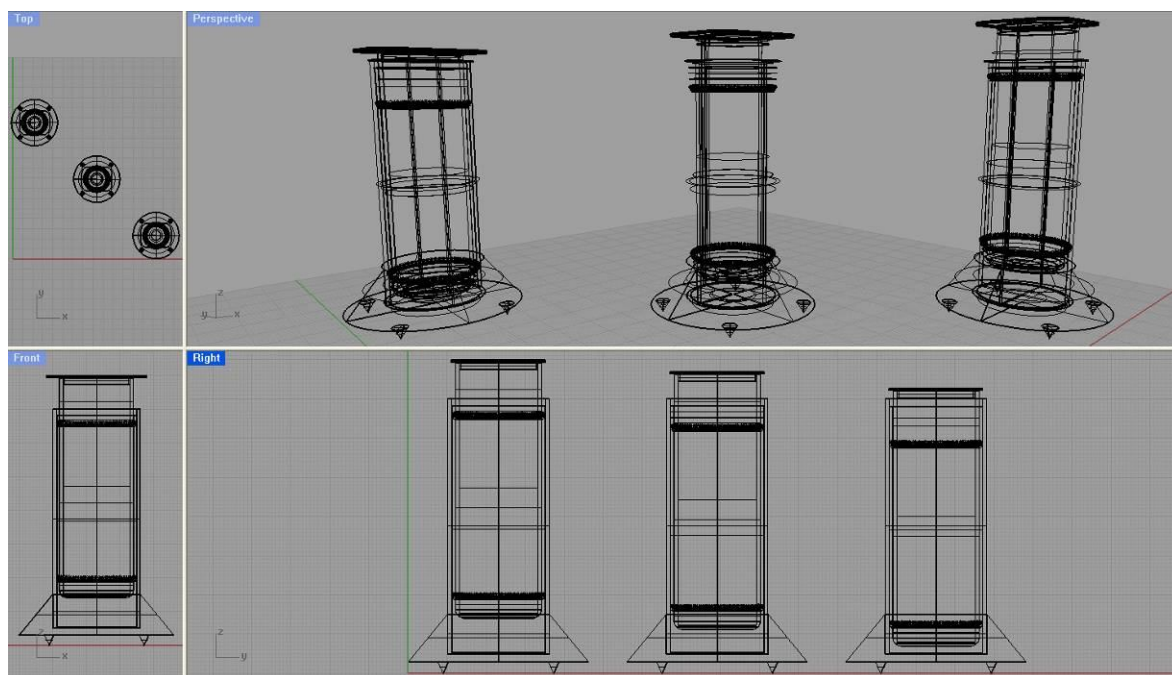
Pohyb vnútorného dutého valca, ktorý je nadnášaný vztlakovou silou oleja a nesie váhu reproduktora, zabezpečujú MDF guľičky po celom obvode, ktorým prepadnutiu bráni O-kružok upevnený v drážke na valci.

Užívateľ si podľa hmotnosti reproduktora a požadovanej konečnej výšky reproduktora umiestneného na stojane zvolí z tabuľky množstvo oleja na naliatie do spodného valca stojanu potrebného na bezproblémovú funkčnosť.

Výnimočnosťou tohoto stojanu okrem ojedinelého olejového tlmenia je aj jeho výšková nastaviteľnosť v rozpätí 70mm, a to od 730mm az do 800mm (obr 8.1).



obr. 8.1 Výškové nastavení 730mm. – 770mm. – 800mm.



9 Výpočty

Archimedov zákon - vztlaková sila

Zo skúseností vieme, že telesá ponorené v kvapaline sú nadľahčované. Sila, ktorá telesá v kvapaline nadľahčuje, sa nazýva vztlaková sila a má opačný smer ako ťažová sila, ktorou na teleso pôsobí Zem.

Veľkosť vztlakovej sily je: $F_{vz} = F_g - F$ (1)

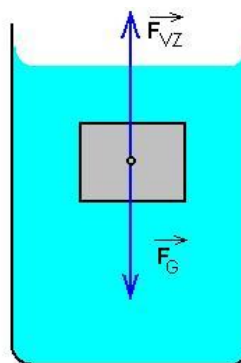
$$S = \pi \cdot r^2$$

$$F_{vz} = \varsigma \cdot S \cdot h \cdot g$$

$$V = S \cdot h$$

$$F_{vz} = \varsigma \cdot V \cdot g$$

$$m = F_{vz} / g$$
 (2)



(hmotnosť, ktorú je schopnú vytlačiť ponorený dutý valec), od nej musíme odpočítať minimálne hmotnosť vrchného krytu. Potom dostaneme približnú max nosnosť v kg. na repro.

- Oleje. Hustoty olejov sa pohybujú v rozpätí 800 až 950 kg/m³
- Vo výpočtoch dosadzujem nižšiu hodnotu 850 kg/m³, v prípade že bude mať olej väčšiu hustotu, tým pádom sa zväčší aj vztlaková sila ktorú je schopný vyvinúť.
- Priemer vonkajšieho dutého valca 220 mm vždy zostáva, mení sa len hĺbka ponoru.
- Pri Ø 220 mm. A navrhovanej, podľa možnosti permanentne ponorenej hĺbky ponoru h = 550 mm. Vypočítame hmotnosť vztlaku 17,762 kg.
- Pri Ø 220 mm. A prehnanej hĺbky ponoru h = 600 mm.
- Vypočítame hmotnosť vztlaku 19,37 kg.
- Pri Ø 220 mm. A extrémnej hĺbke ponoru h = 640 mm.
- Vypočítame teoretický maximálny možný vztlak 202,76 N => hmotnosť vztlaku 20,66 kg.
- Napríklad pri zmene výšky hladiny z min. na max hodnotu o 70mm, pri permanentnom ponore 550mm, potrebujeme doliať 2,66 litra kvapaliny.

Lepidlá vhodné na použitie

Hysol Loctite 3430 je päťminútové dvojzložkové epoxidové lepidlo na sklo a pre bežné použitie, ktoré dosahuje vysokú pevnosť na širokej škále materiálov. Schopnosť vyplňovať škáry robí tento produkt vhodným pre lepenie hrubých alebo zle zlícovaných povrchov súčastí z kovov, keramiky, tuhých plastov alebo dreva. Lepidlo Loctite 3430 je vhodné použiť tam, kde sa vyžaduje opticky číre zlepenie (vhodné ako lepidlo na sklo). Toto lepidlo vytvrdzuje pri nízkej teplote a možno ho použiť v tenkej vrstve.

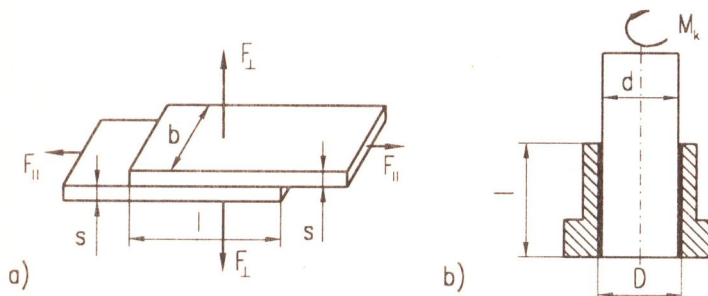
UV 201 je pružné lepidlo pre lepenie polykarbonátu, akrylov a termoplastov. Vytvára priehľadný pružný spoj.

Dimenzovanie lepených spojov tu nemá význam, pretože vďaka konštrukčnému riešeniu nie sú jednotlivé lepené spoje namáhané, ale zaisťujú len vzájomnú polohu častí.

9.1 Princíp výpočtu lepených spojov

Princíp výpočtu je prevzatý z (3).

Ak je lepený spoj namáhaný na šmyk silou F_{II} (viď obr. A), potom za predpokladu rovnomerného rozloženia šmykového napätia τ bude



obr. 9.1a

obr. 9.1b

jeho veľkosť daná vzťahom

$$\tau = F_{II} / l \cdot b \leq \tau_{D1} = \tau_{D2} / n_1, \quad (1)$$

kde n_1 je bezpečnosť spoja, $n_1 = 3 \div 4$, τ_{D2} je pevnosť lepidla v strihu.

Lepený spoj by mal mať rovnakú únosnosť ako lepený diel. Bude teda platiť, že (σ_{Dt} je dovolené namáhanie materiálu dielca v ťahu)

$$s \cdot b \cdot \sigma_{Dt} = l \cdot b \cdot \tau_{D1}. \quad (2)$$

Zo vzťahu (2) možno vypočítať jednu z rozmerových veličín spoja, napr.

$$l = s \cdot \sigma_{Dt} / \tau_{D1} \quad (3)$$

V prípade ťahového namáhania lepeného spoja silou F_{\perp} (viď obr. A) bude odpovedajúce ťahové napätie

$$\sigma = F / l \cdot b \leq \sigma_{Dt} = \sigma_{pl} / n1 \quad , \quad (4)$$

kde σ_{pl} je pevnosť lepidla v ťahu, ktorá sa určuje podľa tabuliek.

V prípade šmykového namáhania spoja vyvolaného krútením bude podľa obr. B (pre $d_s = D + d / 2$)

$$\tau = 2Mk / \pi \cdot d_s^2 \cdot l \leq \tau_{D1} = \tau_{D2} / n1 \quad . \quad (5)$$

Vo výpočtoch podľa príručky firmy LOCTITE sú vzťahy (1) a (5) doplnené o tzv. celkový opravný faktor f_{ges} :

$$\tau = F_{II} / l \cdot b \cdot f_{ges} \quad , \quad \tau = 2Mk / \pi \cdot d_s^2 \cdot l \cdot f_{ges} \quad ,$$

$$f_{ges} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 \cdot f_7 \cdot f_8,$$

kde f_1 je čiastkový súčiniteľ zahrňujúci vplyv materiálu spojovaných dielov, $f_1 = 0,2 \div 1,0$, pre oceľ na oceľ $f_1 = 1,0$, pre umelú hmotu na umelú hmotu $f_1 = 0,2$

f_2 – vplyv veľkosti škáry $D - d / 2$, $f_2 = 0,4 \div 1,0$

f_3 – vplyv drsnosti povrchu $f_3 = 0,6 \div 1,6$

f_4 – vplyv veľkosti spojovanej plochy $f_4 = 0,3 \div 1,2$

f_5 – vplyv smeru zaťaženia

f_6 – vplyv druhu zaťaženia, pre čisto statické zaťaženie $f_6 = 1,0$, pre premenlivé zaťaženie $f_6 = 0,7$ a pre stredné zaťaženie $f_6 = 0,2 \div 0,5$

f_7 – vplyv prevádzkovej teploty

f_8 – vplyv spôsobu vytvrdenia lepidla, pri izbovej teplote $f_8 = 1,0$

V prípade výpočtov podľa vzťahov (1), (4) a (5) je možné rešpektovať len vplyv druhu zaťaženia súčiniteľom f_6 .

9.2 MKP - metóda konečných prvkov

Vzhľadom na symetrickú rotačnú konštrukciu, sa podľa očakávania nikde neprejavili nežiadúce namáhania, ktoré by nepriaznivo ovplyvnili funkčnosť.

FIGURE 1 - Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Figure

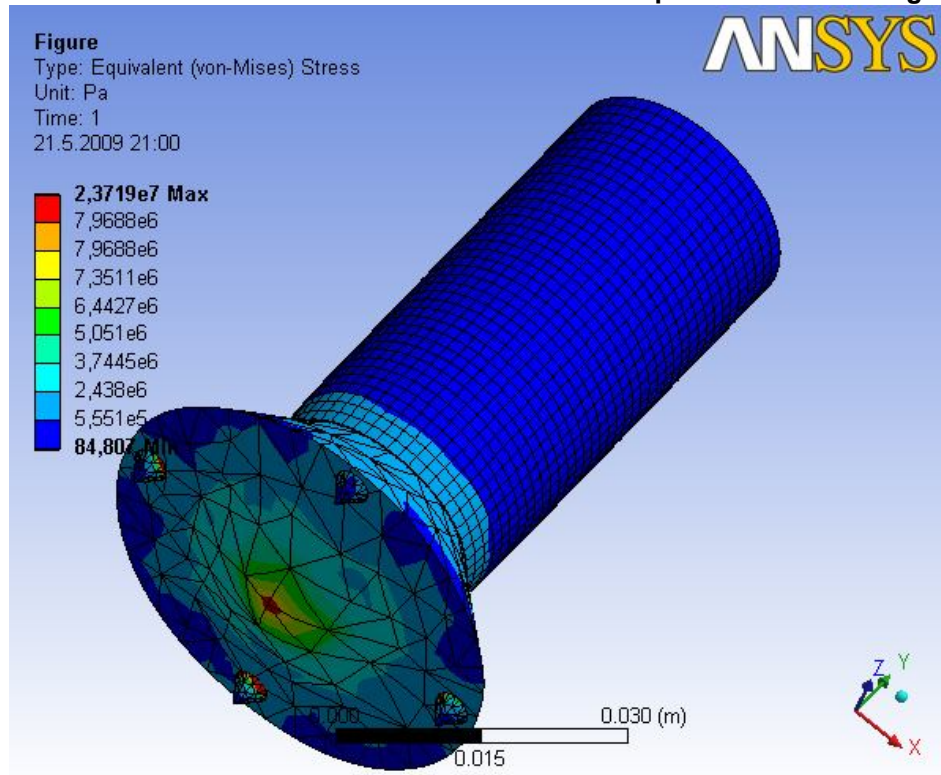
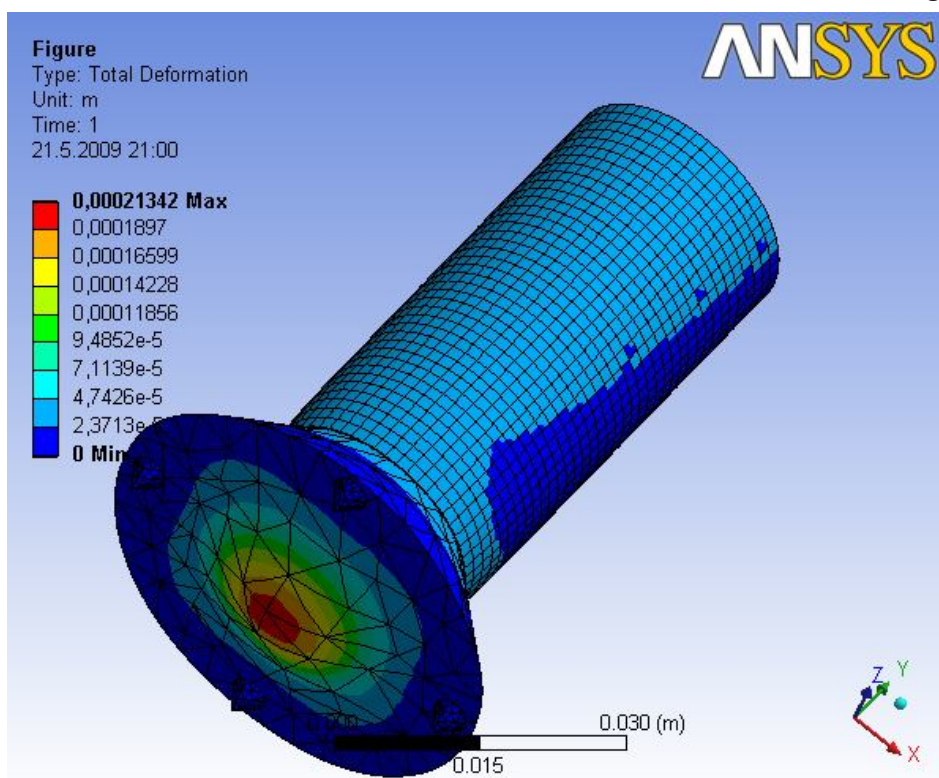


FIGURE 2 - Model > Static Structural > Solution > Total Deformation > Figure



10 Záver

- 1) Vypracoval som rešerši k danej problematike, v oblasti designu a konštrukčného riešenia.
- 2) Na základe prieskumu som navrhol koncepciu stojana, nakoniec inovatívnu s olejovým tlmením ako hydraulický valec.
- 3) Vypracoval som 3D model vrátane variant farebného riešenia a vizualizaácií v programoch Autodesk Inventor Professional 9, Rhinoceros 4.0 a jeho zásuvnom module pre rendrovanie V-Ray.
- 4) Nakreslil som výkres zostavy v AutoCAD 2008.
- 5) Nakreslil som dielenský výkres v AutoCAD 2008.
- 6) Urobil som nevyhnutné návrhové a kontrolné výpočty, pre funkčný chod.
- 7) Vyhotovil som bakalársku prácu v súlade s požiadavkami s predpismi FS.

11 Použitá literatura

- [1] Ing Kamil Toman.: Reproduktory a reprosoustavy, 1. díl, 1. vydání, dotisk, Orlová 2003
- [2] Ladislav Svoboda, Ing Miloslav Štefan.: Reproduktory a reproduktorové soustavy, Třetí prepracované vydání, Praha 1983
- [3] Dejl, Z.: Konstrukce strojů a zařízení 1 - spojovací části strojů, Montanex s.r.o., Ostrava 2000, ISBN 80-7225-018-3.
- [4] Leinveber, J.: Vávra P.: Strojnické tabulky, první vydání, Albra, spol. s.r.o., Úvaly, Praha, 2003, ISBN 80-86490-74-2.

weby:

<http://avmania.zive.cz/Testy/Xavian-XN-125-Evoluzione-test-reprosoustav/sc-20-a-322/default.aspx>
http://www.prag-info.cz/_shop/index_.php?shop=MTM3MA==&akce=detail&id=93960
http://www.visaton.sk/cgi/VisatonFramed.asp-clanky_ID=399&=czech.htm
<http://www.norstone-design.com/EN/Produits.html>
<http://www.hifionline.cz/hifi-prislusenstvi/>
http://www.hifimarket.cz/shop/polozky.asp?popis=ano&dopor=&sort=cena&id=&slevy=&strana=2&skupina=240800-01-2&hl_text=
<http://www.rpaudio.cz/finite-elemente-v%C3%BDrobn%C3%AD-program>
<http://www.soundcare.no/picturegallery-inng.htm>
http://www.standanddeliver.eu/acatalog/Aurora_Speaker_Stands.html
<http://avmania.zive.cz/Titulni-strana/sc-21-a-1425/default.aspx>
<http://www.steiner.cz/david/akustika/>
<http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Tema-mesice-Poslech-v-domacich-studiich~16~rijen~2006/>
<http://mojdom.zoznam.sk/cl/10138/91268/Ako-vychutnat-kvalitny-zvuk>
<http://www.rady-testy.cz/k-dokonalosti-poklepem-a-poslechem>
<http://www.acon.sk/aconweb/data/uvod/akustika.htm>
<http://www.akustika.sk/index.php?id=8&kt=1&skr=d>
<http://www.fphil.uniba.sk/index.php?id=ht1>
<http://www.sonsat.sk/jocavi.htm>
<http://www.duban.sk/hifi/zvuk.php>
<http://vertigo.fme.vutbr.cz/~stibor/bedny/bednylat2.html>
<http://svetelektro.com/vyhľadavanie/>
<http://reprosoustavky.kvalitne.cz/z%20netu/prostor1.htm>

<http://www.duban.sk/duban/preco.php>
<http://www.music-store.cz/testy3.asp?ID=86>
<http://www.highendslovakia.sk/>
<http://www.tahaky-referaty.sk/printReport/1938/&i9=>
<http://zvuk.atrip.sk/index.php?site=uvod>
<http://www.steiner.cz/david/akustika/>
[http://sk.wikipedia.org/wiki/Reproduktor_\(elektroakustick%C3%BD_meni%C4%8D\)](http://sk.wikipedia.org/wiki/Reproduktor_(elektroakustick%C3%BD_meni%C4%8D))
http://sk.wikipedia.org/wiki/Reproduktorov%C3%A1_s%C3%BAstava
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Ozvu%C4%8Dnica>
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Zvuk>

<http://avmania.zive.cz/default.aspx?section=21&server=1&article=1425>
<http://avmania.zive.cz/default.aspx?section=21&server=1&article=1459>
<http://avmania.zive.cz/default.aspx?section=21&server=1&article=1441>
<http://avmania.zive.cz/Domaci-kino/Prostorovy-zvuk--neco-jako-vysoke-rozliseni-ale-pro-usi/sc-33-sr-1-a-949/default.aspx>
<http://www.hifi-voice.com/hi-fi-studia.html>
http://www.hifimarket.cz/shop/polozky.asp?popis=ano&dopor=&sort=nazev&id=&slevy=&strana=1&skupina=560000-01-1&hl_text=
<http://www.hifipassion.com/stranky/kubarepro.php>
<http://www.hifipassion.com/hifi/index.php?action=vthread&forum=9&topic=134>
http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=auto_popis
http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=mot_visko
http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4d656368616e696b61h&key=274
<http://fyzika.jreichl.com/index.php?page=118&sekce=browse>

Prílohy:

výkres zostavy: ZEM139-01S
výrobný výkres: ZEM139-01.01